

I. *Ueber die Ausdehnung der atmosphärischen
Luft in höheren Temperaturen; von
Gustav Magnus.*

In einer früheren Abhandlung¹⁾ habe ich den Ausdehnungs-Coëfficienten der atmosphärischen Luft, so wie einiger anderer Gasarten zwischen 0° und 100° zu bestimmen gesucht. Das Resultat dieser Untersuchung war, daß dieser Coëfficient für atmosphärische Luft zwischen dem Eispunkt des Wassers und der Temperatur, bei welcher dasselbe unter einem Drucke von 28 Zoll Par. kocht, gleich 0,366 ist. Für die übrigen Gasarten fand ich andere Coëfficienten. Unter diesen dehnt sich das Wasserstoffgas etwas geringer aus als die atmosphärische Luft, die Kohlensäure etwas stärker, die schweflige Säure aber bedeutend mehr, so daß der Ausdehnungs-Coëfficient dieser letzteren gleich 0,385 ist.

Diese Resultate wurden unmittelbar nachdem ich sie hier mitgetheilt hatte, durch eine sehr ausführliche Untersuchung von Herrn Regnault²⁾ in Paris im allgemeinen bestätigt, nur hatte derselbe den Coëfficienten für Wasserstoffgas etwas größer gefunden als den für atmosphärische Luft, und von der schwefligen Säure behauptet er, daß sie sich wenig mehr ausdehne als diese, nämlich nur um 0,3669.

Eine so große Verschiedenheit in den Ausdehnungs-Coëfficienten liefs mich befürchten, daß die von mir angewandte schweflige Säure vielleicht nicht hinreichend ge-

1) Diese Annalen Bd. LV S. 1.

2) *Annales de Chim. et de Phys. Ser. III T. IV p. 1* und d. Annalen LV S. 141.

Poggendorff's Annal. Bd. LVII.

trocknet war, um so mehr als dies durch geschmolzenes Chlorcalcium geschehen war, während Hr. Regnault sich mit Schwefelsäure befeuchteter Bimsteinstücke bedient hatte. Ich habe deshalb den Ausdehnungs-Coëfficienten der schwefligen Säure von neuem bestimmt, und dieselbe ganz, wie es Herr Regnault angiebt, durch concentrirte Schwefelsäure getrocknet. Das Resultat war dasselbe als früher. Da aber Herr Regnault bei seinen Versuchen eine große Glaskugel angewandt hatte, ich hingegen eine Glasröhre von viel geringerem Inhalte, so könnte man glauben, daß eine Verdichtung an der Wand des Gefäßes die Verschiedenheit in den Resultaten hervorgebracht hätte. Es wurden deshalb einige Versuche mit einer Glaskugel von 996 Kub. Cent. Inhalt angestellt, aber auch diese lieferten denselben Ausdehnungs-Coëfficienten, so daß über die Richtigkeit desselben wohl kein Zweifel obwalten kann¹⁾.

In den vier hier folgenden Versuchen sind I. und II. mit einer Röhre von 80 Kub. Cent. Inhalt; III. und IV. mit der oben erwähnten Kugel angestellt.

I. 0,3847

II. 0,3839

III. 0,3849

IV. 0,3842

Mittel 0,3844

In der gegenwärtigen Arbeit habe ich mich mit der Ausdehnung der atmosphärischen Luft für höhere Temperaturen beschäftigt, oder vielmehr mit einer Vergleichung der Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers.

Diese Untersuchung schien nothwendig, da man jetzt

1) Seitdem hat auch Herr Regnault in einer Fortsetzung seiner Untersuchung seine früheren Resultate zurückgenommen und sowohl die geringere Ausdehnung des Wasserstoffgases bestätigt, als auch für die schweflige Säure genau denselben Ausdehnungs-Coëfficienten gefunden als ich. *Annales de Chim. et de Phys. Ser. III Tom. V p. 76 und 81*, oder das vorhergehende Heft dieser Annalen.

weißt, daß der Coëfficient für die Ausdehnung der Luft zwischen 0° und 100° um $\frac{1}{37}$ kleiner ist als der, welchen man früher allgemein für richtig annahm, und der bei den älteren Untersuchungen der Ausdehnung in höheren Temperaturen, namentlich bei der der Herren Dulong und Petit zu Grunde gelegt ist. Hätten diese Herren, in ihrer stets klassisch bleibenden Abhandlung über die Ausdehnung der Körper, es nicht für unwerth gehalten, die Originalzahlen, welche sie gefunden hatten, mitzutheilen, so würde es gegenwärtig leicht seyn, die Berichtigungen vorzunehmen, welche durch die Veränderung des Coëfficienten nöthig geworden seyn möchten. Allein diese Originalzahlen fehlen überall und scheinen sich nicht einmal in den nachgelassenen Papieren jener Herren gefunden zu haben. Es war daher eine neue Arbeit unerläßlich, wenn man nicht über dieses Verhältniß der Ausdehnung, das in so vielfacher Beziehung von Wichtigkeit ist, ungewiß bleiben sollte.

Eine solche Arbeit ist wesentlich verschieden von der früheren über die Ausdehnung der Gase zwischen 0° und 100° ; denn die Temperaturen, welche bei jener in Anwendung kamen, nämlich der Eispunkt und der Kochpunkt des Wassers, sind feste, stets leicht hervorzubringende Temperaturen, von denen nur die des kochenden Wassers kleinen Veränderungen durch die Verschiedenheit im Luftdrucke unterliegt, welche indess einer einfachen Correction fähig sind. Es war deshalb die ganze Untersuchung ohne Anwendung irgend eines Thermometers auszuführen möglich. Ganz anders verhält es sich bei der Bestimmung der Ausdehnung für höhere Temperaturen. Diese sind nur durch die Ausdehnung eines andern Körpers zu bestimmen und zu messen möglich, weshalb man nur eine Vergleichung zwischen der Ausdehnung des zu untersuchenden und der eines anderen, als Maas dienenden Körpers vorzunehmen vermag.

Für den letzteren, den als Maafs dienenden Körper, ist hier das Quecksilber benutzt, und zwar, da wir diese Substanz gewöhnlich in Glasgefäßen anwenden, und die Ausdehnung, welche sie in diesen zeigt, das ist die Differenz der Ausdehnung des Quecksilbers und des Glases oder die anscheinende Ausdehnung, als thermisches Maafs benutzen, so ist auch dieses hier angewandt worden.

Man könnte erwarten, daß bei einer solchen Vergleichung der Ausdehnung, auch zugleich die absolute Ausdehnung des Quecksilbers bestimmt würde, so daß durch Einen Versuch die Ausdehnung der Luft, so wie die absolute und die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers, oder was dasselbe ist, die Ausdehnung der Luft des Quecksilbers und des Glases mit einander verglichen würden. Aber eine solche gleichzeitige Bestimmung dieser drei erfordert so viele praktische Erfahrungen für die Messung jeder einzelnen, daß es kaum wahrscheinlich ist, den Grad der Genauigkeit, um welchen es sich hier handelt, bei der gleichzeitigen Bestimmung zu erhalten, wenn nicht vorher eine vergleichende Bestimmung zwischen der Ausdehnung der Luft und der des Quecksilbers stattgefunden hat.

Die Herren Dulong und Petit haben zwar bei ihrer Messung der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers gleichzeitig Luft- und Quecksilber-Thermometer angewendet, so daß dadurch die gleichzeitige Vergleichung aller drei Ausdehnungen, des Quecksilbers der Luft und des Glases gegeben war, und es bleibt zu bedauern, daß sie die gefundenen Zahlen, die diese Vergleichung noch jetzt gestatten würden, nicht mitgetheilt haben; aber sie wandten diese verschiedenen Thermometer nur zur größeren Controlle an, denn die Vergleichung der Luft- und Quecksilber-Thermometer hatten sie schon früher vorgenommen; wäre dieß nicht der Fall gewesen, so würden sie, bei vorkommenden Abweichungen in den Resultaten, nicht gewußt haben, wo sie den Grund für diesel-

ben zu suchen hätten. Abgesehen aber hiervon ist die Aufgabe, nicht allein eine Vergleichung der Ausdehnung der atmosphärischen Luft und des Quecksilbers anzustellen, sondern auch der verschiedenen Luftarten, sowohl mit dem Quecksilber, als unter sich, und für diese ist die Vergleichung der atmosphärischen Luft und des Quecksilbers der Ausgangspunkt.

Wenn man die Vergleichung der Ausdehnung zweier Körper vornehmen will, kömmt es besonders darauf an, daß man beide genau derselben Temperatur aussetzt, und dafür sorgt, daß auch wirklich beide diese Temperatur angenommen haben, bevor die Beobachtung vorgenommen wird. Die Herren Dulong und Petit haben dies dadurch zu erreichen gesucht, daß sie ein Oelbad anwandten, dasselbe durch Kohlfeuer bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmten, darauf alle Züge des Ofens verschlossen, und so das Oelbad langsam erkalten ließen. Es tritt dann eine Constanz der Temperatur dadurch ein, daß das Oelbad während einer gewissen Zeit eben so viel Wärme abgibt, als es von dem Kohlfeuer erhält. Während dieser Constanz der Temperatur stellten sie die Beobachtung an. Allein dieselbe kann, wie mir scheint, nur annähernd stattfinden, denn das Oelbad kühlt sich fortwährend ab, und das Kohlfeuer ändert seine Temperatur, selbst bei abgeschlossenem Luftzuge, fortwährend. Annähernd wird sie bei sehr großen Oelmassen allerdings während einiger Zeit vorhanden seyn, allein es bleibt immer noch übrig zu wissen, ob diese Zeit auch hinreichend ist, damit die in dem Oelbade befindlichen Körper vollständig die Temperatur desselben annehmen. Ohne besondere Vorsichts-Maafsregeln wird man hierüber stets in Ungewissheit bleiben.

Ich habe deshalb eine ganz andere Methode angewandt. Da es mir aus früheren Versuchen bekannt ist, daß eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, während einer ziemlich bedeutenden Zeit, oft Stunden lang, die-

selbe Wärme liefert, so wandte ich dergleichen zum Heizen an, und es ist mir gelungen, mittelst derselben selbst die Temperaturen, welche bis zum Kochpunkte des Quecksilbers hinauf gehen, während längerer Zeit ganz constant zu erhalten.

Bevor ich die Vorrichtung beschreibe, deren ich mich nach mancherlei Abänderungen hierzu bediente, muß ich erwähnen, auf welche Weise die Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers bestimmt wurden. Was die erstere anbetrifft, so geschah diess ganz so, wie bei der Untersuchung der Ausdehnung der Gase zwischen 0° und 100° . Es wurde auch bei diesen Versuchen nicht eigentlich die Ausdehnung, sondern die Elasticität der Luft gemessen und daraus die Ausdehnung berechnet. Hierzu wandte ich denselben Apparat an als früher; er ist in *ABCDE* Tafel II Fig. 1 abgebildet. Nur die Röhre *DE* mußte verlängert werden. Ebenso geschah das Trocknen der Röhre *LK*, welche die Luft enthielt, so wie das Füllen derselben mit trockner Luft, ganz so wie in den früheren Versuchen; denn es kann wohl nicht als eine Verschiedenheit betrachtet werden, wenn statt des Chlorcalciums, das früher zum Trocknen angewendet worden, jetzt Schwefelsäure benutzt wurde, womit kleine Bimsteinstücke befeuchtet waren.

Die Ausdehnung des Quecksilbers wurde mittelst sogenannter Ausfluß-Thermometer bestimmt, von denen entweder zwei oder vier gleichzeitig derselben Temperatur ausgesetzt wurden, als die Luft. Gewöhnliche Thermometer anzuwenden, schien mir weniger geeignet. Denn wenn dieselben noch die Unterabtheilung eines Grades zu beobachten gestatten sollen, so fällt ihre Skale außerordentlich lang aus, weil sie bis zur Temperatur des kochenden Quecksilbers hinaufreichen muß, und es wird dadurch sehr schwierig, stets die ganze Länge dieser Skale derselben Temperatur auszusetzen, als die angewandte Luft. Dieser Uebelstand findet bei den Ausfluß-Ther-

metern nicht statt, ausserdem kann man dieselben von jeder beliebigen Grösse anwenden und dadurch die Schärfe der Anzeigen vermehren. Aber sie bieten eine andere Schwierigkeit dar, indem es sehr mühsam ist, sie vollständig auszukochen, das Auskochen selbst ist zwar leicht, aber die Gewissheit zu erlangen, daß jede Spur von Luft oder Feuchtigkeit daraus entfernt sey, ist nicht eben so leicht, und oft findet man dergleichen, selbst nachdem man ein Thermometer vier- oder fünfmal hinter einander ausgekocht hat.

Es schien mir vortheilhaft die Spitze der Ausflussthermometer nicht zu biegen, wie man es gewöhnlich zu thun pflegt, weil dadurch der aus dem erwärmten Raum hervorragende Theil des Thermometers länger wird. Ich habe statt dessen ein kleines Glasgefäß an jedes Thermometer mittelst eines Korks befestigt, wie es die Abbildung zeigt. Dasselbe war mit Quecksilber gefüllt, während das Thermometer ausgekocht wurde, und blieb damit gefüllt, so lange die Temperatur, der es ausgesetzt werden sollte, noch schwankte. War diese aber constant geworden, so wurde dieses Gefäß abgenommen. Wenn alsdann der Apparat abgekühlt wurde, so blieb alles Quecksilber in den Thermometern, wurde derselbe aber noch erwärmt, wie zum Beispiel wenn die Thermometer in Eis gelegt waren und darauf der Temperatur des kochenden Wassers ausgesetzt werden sollten, so wurde das Glasgefäß wohl gereinigt wieder an das Thermometer befestigt. Es diente nun zur Aufnahme des Quecksilbers, das bei der Erwärmung heraustrat und das nachher in diesem Glasgefäße selbst gewogen werden konnte.

Um die Ausdehnung, welche die Thermometer zeigen, in Graden irgend einer Skale ausdrücken zu können, muß man für jedes die Ausdehnung innerhalb des Fundamentalabstandes der Temperatur, das ist vom Schmelzpunkt des Eises bis zum Kochpunkte des Was-

sers ermitteln. Diefes bewerkstelligte ich ganz auf dieselbe Weise und in demselben Kasten, als in der früheren Abhandlung über die Ausdehnung der Gase zwischen 0° und 100° . Um dann aber die Thermometer und die Luft bei höheren Temperaturen mit einander vergleichen zu können, wurden sie in dem schon vorhin erwähnten Apparate einer constanten Temperatur ausgesetzt.

Derselbe besteht aus einem Kasten von schwarzem Eisenblech *OP* Tafel II Figur 1 und 2, der durch einen übergreifenden Deckel *OR* verschlossen wird. Er ist von drei anderen Kasten von ganz ähnlicher Beschaffenheit so umschlossen, daß jeder derselben von dem anderen $\frac{5}{8}$ Zoll entfernt ist, und daher zwischen je zwei Kasten eine Luftschicht von dieser Stärke, sowohl oben als unten, als auf jeder Seite vorhanden ist. Die Kasten hängen ineinander, auf eisernen Lappen, die in der Höhe von *T* angebracht sind; so daß namentlich in den unteren Theilen derselben ein metallischer Zusammenhang ganz vermieden ist. In dem inneren Kasten *OPR* befinden sich die Ausfluß-Thermometer und die Röhre *LK*, welche die Luft enthält. An den Stellen, wo diese aus dem Kasten hervortreten, bei *N*, *U* und *T*, ist eine etwas conische Hülse von Eisen durch alle vier Kasten durchgesteckt. Aehnliche drei Hülsen, wovon zwei in Figur 1 mit *a* und *b* bezeichnet sind, gehen durch die Deckel und dienen dazu, gewöhnliche Thermometer einführen zu können. Der Raum, welcher bei sämtlichen Hülsen neben den Thermometer-Röhren bleibt, ist mit Kork ausgefüllt.

Um nicht die Hülse für die Röhre *LK* so weit zu machen, daß diese Röhre hindurch geführt werden konnte, wurde die Hülse *N* oben aufgeschlitzt, ebenso wurden sämtliche 4 Kasten von oben bis auf die Hülse durchgeschlitzt, so daß man das enge Rohr *GL* von oben herunter lassen konnte. Die Schlitzte in den einzelnen Kasten wurden durch Schieber wieder verschlossen und der der conischen Hülse *N* durch einen Kork, der die

ganze Länge derselben ausfüllte. Aehnliche Vorrichtungen waren auf der gegenüberliegenden Seite des Kastens bei *T* angebracht, um die Thermometer einlegen zu können.

Unter diesen Kasten befanden sich 10 Spirituslampen mit doppeltem Luftzuge, die sämmtlich aus einem Reservoir *W* mit Spiritus versehen wurden. Nur für ganz hohe Temperaturen waren alle zehn Lampen erforderlich, für die niedrigeren genügten 4 oder 6. Wenn alle 10 Lampen in vollem Feuer waren, wurde die Hitze so groß, daß der Spiritus in den Lampen kochte, und dadurch die Feurung unregelmäßig machte. Diesem Uebelstande habe ich nach mehreren vergeblichen Versuchen dadurch abgeholfen, daß ein Schirm aus starkem schwarzen Eisenblech *gkl* horizontal, unmittelbar unter den Flammen der Lampen, angebracht wurde. Derselbe hat für den Cylinder einer jeden Lampe einen Ausschnitt, der so weit ist, daß rund um diesen Cylinder ein Raum von $\frac{1}{4}$ Zoll Breite bleibt. Dadurch mußte die ganze Menge der zum Verbrennen nöthigen Luft, theils durch den eben erwähnten Zwischenraum, theils durch den inneren Cylinder hindurch, und hierdurch wurden die Cylinder selbst beständig kalt erhalten. Ausserdem hält dieser Schirm die Wirkung der strahlenden Wärme nach unten ab, und um den Raum unter demselben noch kälter zu erhalten, wurde ein großer Kasten *xy* mit kaltem Wasser, das beständig erneut wurde, unter die Lampen gestellt. Zur Vermeidung jeder zufälligen Abkühlung bei dieser Art der Feuerung war ein Schirm *gklmnr* aus Zinkblech so angebracht, daß er auf dem horizontalen Schirm *gkl* ruhte und den Raum über diesem Schirm bis an den oberen Deckel der zu erwärmenden Kasten vollständig umschloß. Nur für die Ausfluß-Thermometer und die Röhre *GL* waren Ausschnitte in ihm angebracht.

Durch die dreifache Hülle fand die Erwärmung in dem inneren Kasten außerordentlich langsam statt, eben so äußerte sich jede kleine Temperatur-Veränderung nur

sehr allmählig und unbedeutend. Ich habe versucht, ein Bad von leichtflüssigem Metall in dem inneren Kasten anzuwenden und zu dem Ende die Röhre *LK* durch zwei mit Kork versehene Schrauben *df* festgeklemt, allein der Erfolg war nicht günstiger, als wenn ein Luftbad angewendet wurde. Die Temperatur wird an jeder einzelnen Stelle des Kastens bald, d. h. nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden, constant, aber sie ist alsdann noch nicht an allen Punkten dieselbe, und man muß deshalb die Lampen so lange hinauf und herunter schrauben, bis diefs erreicht ist. Die Thermometer *abc* dienen dazu, in dieser Beziehung Gewißheit zu erlangen.

Trotz aller angewandten Vorsicht finden sich Verschiedenheiten in den Angaben der Ausfluß-Thermometer, die bisweilen, besonders bei höheren Temperaturen, ziemlich bedeutend sind. Es wurde deshalb stets das Mittel aus diesen Angaben genommen. Diefs kann wohl um so mehr als die Temperatur der Luft in der Röhre *LK* betrachtet werden, als die Ausfluß-Thermometer stets symmetrisch um diese Röhre angebracht waren.

Die Art der Beobachtung war folgende: Sobald die durch die Deckel gesteckten gewöhnlichen Thermometer *abc* anzeigten, daß die Temperatur in dem Kasten *OPR* constant und überall dieselbe sey, suchte ich mich hiervon durch die unveränderte Ausdehnung der Luft, als das empfindlichste Mittel zu überzeugen. Es wurde deshalb das Quecksilber in der Röhre *GM* bis *G* hinaufgeschraubt und beobachtet, ob während wenigstens 5 Minuten die Elasticität der Luft unverändert blieb. Hierfür war es nicht genug, daß das Quecksilber in der Röhre *DE* seinen Stand unverändert beibehielt, es mußte vielmehr von Zeit zu Zeit heruntergelassen und wieder hinaufgeschraubt werden, weil durch kleine Veränderungen in der Ausdehnung der Luft die ruhende Quecksilber-Säule nicht verändert wird, und diese sich nur zu erkennen geben, indem man die Quecksilber-Säule bewegt.

Wenn die Luft unverändert während dieser Zeit dieselbe Temperatur zeigte, so konnte angenommen werden, daß diese auch in dem ganzen Kasten OPR , unverändert geblieben war, weil die Röhre LK , welche die Luft enthielt, durch die ganze Länge dieses Kastens sich erstreckte. Alsdann wurde der Stand des Quecksilbers in der Röhre DE , so wie die Temperatur dieser Röhre abgelesen. Hierauf wurden die kleinen mit Quecksilber gefüllten Gefäße von den Spitzen der Ausfluß-Thermometer abgenommen, der Stand des Barometers verzeichnet und dann das Feuer der Lampen ausgelöscht und die Kasten abgekühlt; wenn dies vollständig geschehen war, wurden die Ausfluß-Thermometer herausgenommen und gewogen.

Die Art der Berechnung der anscheinenden Ausdehnung des Quecksilbers war dieselbe, als in der früheren Abhandlung. Wenn wie dort

$p + \pi$ das Gewicht des Quecksilbers bedeutet, welches ein Ausfluß-Thermometer bei 0° füllt,

π das Gewicht des bei irgend einer Temperatur ausgeflossenen und

p das des zurückgebliebenen Quecksilbers, so ist die anscheinende Ausdehnung desselben von 0° bis zu

der angewandten Temperatur gleich $\frac{\pi}{p}$.

Wenn ferner

$\frac{\pi'}{p'}$ die Ausdehnung von 0° bis 100° bezeichnet, so ist

dieselbe für jeden Grad der hunderttheiligen Skale

gleich $\frac{\pi'}{100p'}$; und folglich ist die Ausdehnung bei

irgend einer Temperatur, ausgedrückt in Graden der

hunderttheiligen Skale. $T = \frac{100\pi p'}{\pi' p}$

Eine Correction für diesen Werth ist noch angebracht worden, wiewohl derselbe sich dadurch höchstens

um $0^{\circ},05\text{ C}$ änderte. Es war nämlich zwar dafür gesorgt worden, daß der aus dem Kasten hervorragende Theil der Ausfluß-Thermometer, so kurz als möglich war, aber weder dieser noch der in dem Korke der Hülse U und T befindliche Theil derselben, konnten die Temperatur des inneren Kastens annehmen. Hierfür bedurfte es einer Correction, bei der ich davon ausging, daß die in dem Kork und außerhalb der Kasten befindlichen Theile der Thermometer die Temperatur der umgebenden Luft hätten. Da diese letztere nur unbedeutend schwankt, so glaube ich keinen erheblichen Fehler zu begehen, wenn ich sie als constant betrachte. Dann aber dehnt sich das in diesen Theilen enthaltene Quecksilber nicht aus und man braucht daher dasselbe nur ein für alle Mal von dem Gewichte des zurückbleibenden Quecksilbers p in Abzug zu bringen. Bezeichnet daher

ψ das Gewicht des Quecksilbers, welches bei der Temperatur der umgebenden Luft diese Theile füllt, so ist die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers, ausgedrückt in Graden der hunderttheiligen Skale

$$T = \frac{100 \pi (p' - \psi)}{\pi' (p - \psi)}.$$

Nach dieser Formel sind die Temperaturen der Ausfluß-Thermometer berechnet. Um die Werthe von $\pi + p$

und $\frac{\pi'}{p' - \psi}$ zu erhalten, wurden die Thermometer zunächst in schmelzendes Eis und sodann in die Dämpfe von kochendem Wasser gebracht. Diefs geschah mit jedem Thermometer mehrere Male, so daß die in der beifolgenden Tabelle I für diese Größen mitgetheilten Werthe die Mittel aus mehreren, gewöhnlich fünf, Versuchen sind.

(Siehe Tabelle I.)

Die Luft und das Quecksilber, deren Ausdehnungen hier verglichen werden sollen, sind beide in Glasgefäßen eingeschlossen, nimmt man an, daß die Ausdehnung des Glases bei beiden dieselbe ist, so geben die Versuche

eine direkte Vergleichung zwischen den anscheinenden Ausdehnungen dieser beiden Substanzen. Diese Vergleichung ist es, auf die es mir besonders bei dieser Untersuchung ankam. Bezeichnet

T die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers und τ die der Luft, beide ausgedrückt in Graden der hunderttheiligen Skale, d. h. bei beiden die anscheinende Ausdehnung für $1^{\circ} C$ als Einheit angenommen;

α die absolute Ausdehnung der Luft von 0 bis 100° gleich 0,3665;

λ die anscheinende Ausdehnung derselben für die gleiche Temperatur Differenz;

$h+H$ die Elasticität der angewandten Luft bei 0° ;

h den Barometerstand zu der Zeit, wo die Beobachtung vorgenommen wurde;

H' den Höhenunterschied des Quecksilbers in den Röhren GF und DE , sämmtlich reducirt auf 0° ;

e die Capillar-Depression und

δ die Ausdehnung des Glases für einen Grad der hunderttheiligen Skale; so ist:

$$\tau = \left[\frac{H' + h - e}{H + h - e} - 1 \right] \frac{100}{\lambda}.$$

Die Herren Dulong und Petit haben bei ihrer Untersuchung über diesen Gegenstand die Ausdehnung der Luft noch corrigirt durch die des Glases, sie haben somit eine Vergleichung zwischen der anscheinenden Ausdehnung des Quecksilbers und der absoluten Ausdehnung der Luft geliefert, ohne die anscheinende Ausdehnung der Luft zu berücksichtigen, oder nur die Zahlen mitzutheilen, aus denen man die Vergleichung zwischen den anscheinenden Ausdehnungen beider Substanzen finden könnte. Um daher ihre Resultate mit den meinigen vergleichen zu können, habe ich gleichfalls die absolute Ausdehnung der Luft berechnet. Für dieselbe muß man die Ausdehnung des angewandten Glases kennen. Wenn

die anscheinende und die absolute Ausdehnung des Quecksilbers beide bekannt sind, so kann man aus diesen die des Glases finden. Allein es müßten alsdann alle drei Ausdehnungen gleichzeitig bestimmt seyn, und da dieselben nicht proportional sind, so müßten sie streng genommen für jede Temperatur gleichzeitig bestimmt seyn.

In Ermangelung dieser gleichzeitigen Bestimmung habe ich mich genöthigt gesehen, eine mangelhaftere Correction für das Glas vorzunehmen. Sollte es mir möglich seyn, auch noch die absolute Ausdehnung des Quecksilbers zu untersuchen, wie ich es beabsichtige, so werde ich nicht unterlassen, damit auch gleichzeitig die Bestimmung der anscheinenden Ausdehnungen der Luft und des Quecksilbers zu verbinden, und dann würde sich die jetzige Correction leicht berichtigen lassen, zumal wenn bei jener Untersuchung dasselbe Glas angewendet wird, als in der vorliegenden Arbeit.

Wenn q die absolute und $\frac{\pi}{p}$ die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers, so wie δ die Ausdehnung des Glases für dieselbe Differenz der Temperatur bedeuten; so ist

$$1 + \delta = \frac{1 + q}{1 + \frac{\pi}{p}}.$$

Nimmt man an, daß die absolute Ausdehnung des Quecksilbers bei 100° durch die Herren Dulong und Petit richtig bestimmt sey, so kennt man, da die Temperatur von 100° stets dieselbe ist, für diese Temperatur q und $\frac{\pi}{p}$ und folglich auch δ . Für die höheren Temperaturen habe ich gleichfalls die Angaben der Herren Dulong und Petit zu Grunde gelegt, wiewohl sich ihre Zahlen nicht genau auf die von mir angewandten Temperaturen beziehen, denn sie haben nur die *mittlere* absolute Ausdehnung mitgetheilt, nämlich:

von	mittlere Ausdehnung des Quecksilbers
0° bis 100°	$\frac{1}{5550} = 0,0180180$
0 - 200	$\frac{1}{5425} = 0,0184331$
0 - 300 °)	$\frac{1}{5300} = 0,0188679$

Um daher δ mittelst dieser Werthe zu erhalten, wurde $q = 0,0180180$ gesetzt für alle Temperaturen von 0° bis 100°; $q' = 0,0184331$ für alle Temperaturen zwischen 100° und 200° und $q'' = 0,0188679$ für alle Temperaturen zwischen 200° und 300°. Ich habe die dadurch erhaltenen Werthe respective mit δ' , δ'' und δ''' bezeichnet und in der beifolgenden Tabelle II bei jeder Reihe von Versuchen besonders angeführt.

Bezeichnet Θ die absolute Ausdehnung der Luft, ausgedrückt in Graden der hunderttheiligen Skale, d. h. auf die absolute Ausdehnung derselben für 1° C. als Einheit bezogen, so hat man

$$\Theta = \left[\frac{H' + h - e}{H + h - e} (1 + \delta T) - 1 \right] \frac{100}{\alpha}.$$

Ich habe noch für Θ sowohl als für τ eine Correction angebracht, wegen der Luft, die in dem Stück GN der engen Röhre GL enthalten ist, weil diese die Temperatur der übrigen Luft nicht annehmen kann. Eine ähnliche Correction hielt ich bei der Berechnung der Ausdehnung von 0° bis 100° in meiner früheren Abhandlung für überflüssig, weil die Röhre GL so eng gewählt war, daß das Stück GN nur einen sehr kleinen Theil

- 1) Diese Temperaturen sind nach der Ausdehnung der Luft bestimmt, wahrscheinlich nach der absoluten Ausdehnung derselben, (wiewohl das nicht bestimmt gesagt ist). Ich habe in dem Folgenden die Temperaturen auf die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers bezogen, die dadurch entstehende Verschiedenheit ist zu gering, um in Betracht zu kommen.

nämlich $\frac{1}{1600}$ der ganzen Luftmasse GLK ausmachte.

Wiewohl nun bei diesen Versuchen dieselbe Weite der angewandten Röhren beibehalten ist, so kommen doch dabei so viel höhere Temperaturen und Druckverhältnisse in Anwendung, daß ich die Correction hier vorgenommen habe, wiewohl dieselbe nicht genau auszuführen möglich ist, und außerdem die Veränderungen, welche sie hervorbringt, noch innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler fallen. Bezeichnet

v das Volumen der Luft in dem Stücke GN bei der Temperatur 0° ,

V das Volumen NLK bei derselben Temperatur,

t die Temperatur der Luft in dem Stücke GN , wenn LK in schmelzendem Eise sich befindet, und t' die Temperatur derselben Luftmasse, wenn LK bis zu der Temperatur erwärmt ist, bei welcher die Beobachtung stattfindet, so hat man:

$$\begin{aligned} & \left[V + v \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \right] (H + h - e) \\ &= \left[V \frac{1}{1 + \frac{\lambda \tau}{100}} + v \frac{1}{1 + \alpha t'} \right] (H' + h' - e) \end{aligned}$$

und ebenso:

$$\begin{aligned} & \left[V + v \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \right] (H + h - e) \\ &= \left[V(1 + \delta T) \frac{1}{1 + \frac{\alpha \Theta}{100}} + v \cdot \frac{1}{1 + \alpha t'} \right] (H' + h' - e) \end{aligned}$$

Nimmt man für t und t' die Temperaturen der umgebenden Luft, und setzt $t = t'$ wegen der geringen Verschiedenheit derselben, und des kleinen Werthes um den es sich hier handelt, so erhält man:

$$1 + \frac{\lambda \tau}{100} = \frac{H' + h' - e}{H + h - e - \frac{v}{V} \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} (H' + h' - H - h)}$$

und

und

$$1 + \frac{\alpha \Theta}{100} = \frac{(H' + h' - e)(1 + \delta T)}{H + h - e - \frac{v}{V} \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} (H' + h' - H - h)}$$

Setzt man zur Abkürzung:

$$\frac{v}{V} \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} (H' + h' - H - h) = \gamma,$$

so ist

$$\tau = \left[\frac{H' + h' - e}{H + h - e - \gamma} - 1 \right] \frac{100}{\lambda}$$

und

$$\Theta = \left[\left(\frac{H' + h' - e}{H + h - e - \gamma} \right) (1 + \delta T) - 1 \right] \frac{100}{\alpha}$$

Da durch den Druck, der für höhere Temperaturen in Anwendung kommt, die Röhre *LK*, welche die Luft enthält, erweitert wird, und man glauben könnte, daß diese Erweiterung einen merklichen Einfluß auf die Beobachtung habe, zumal das Glas dieser Röhre sehr dünn war, so habe ich Versuche angestellt, um zu ermitteln wie beträchtlich diese Erweiterung sey.

Zu dem Ende wurde die Röhre *LK* mit Wasser vollständig gefüllt, das offene Ende derselben bei *G* an eine U-förmig gebogene Glasröhre befestigt und in den offenen Schenkel der letzteren Quecksilber gegossen. Hierdurch rückte das Wasser in der engen Röhre *GL* vor. Da die ganze Röhre *GLK* in einem großen Kasten mit Wasser sich befand, so änderte sich ihre Temperatur während des Versuchs nicht. Sieht man ab von der Zusammendrückung des Wassers in sich, so konnte das Vorrücken desselben nur davon herrühren, daß das Glas der Röhre *LK* sich erweiterte. Diese Erweiterung nahm ziemlich gleichförmig mit dem Drucke zu und betrug etwa für jeden Zoll Druck 0,000027 vom Volumen der Röhre *LK*.

Da nun der stärkste Druck, der überhaupt bei diesen Versuchen angewendet wurde, nur um 31 Zoll stärker ist als der der Atmosphäre, so beträgt für diesen die

Erweiterung der Röhre 0,000837. Also zu wenig um in Betracht gezogen zu werden, zumal dieselbe nur bei der höchsten Temperatur so bedeutend, bei allen übrigen aber um Vieles geringer ist.

In der beifolgenden Tabelle II sind die für T , τ und Θ erhaltenen Werthe zusammengestellt. Zur besseren Controlle habe ich auch die bei den Beobachtungen unmittelbar erhaltenen Zahlen mitgetheilt. Die gleichzeitigen Angaben der Ausfluß-Thermometer finden sich in Tabelle I.

(Siehe Tabelle II.)

Ich habe durch Interpolation die Werthe von τ und Θ berechnet, für $T=150^{\circ}, 200^{\circ}$ und alle um 50° steigenden Temperaturen. Dieselben sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, und zur Vergleichung sind auch die von den Herren Dulong und Petit für Θ gefundenen Zahlen beigelegt.

T	τ	Θ	
Anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers	Anscheinende Ausdehnung der Luft	Absolute Ausdehnung der Luft nach dem Verfasser	Dulong und Petit
100°	100°	100°	100°
150	148 ,07	148 ,74	148 ,70
200	196 ,34	197 ,49	197 ,05
250	242 ,97	245 ,39	245 ,05
300	291 ,16	294 ,51	292 ,70
330	316 ,94	320 ,92	
360			350 ,00

Vergleicht man die von mir erhaltenen Werthe für Θ mit denen der Herren Dulong und Petit, so findet man eine Uebereinstimmung, die um so viel überraschender ist als, wie schon oben bemerkt, diese Herren noch 0,375 als den richtigen Ausdehnungs-Coëfficienten für atmosphärische Luft zwischen 0° und 100° betrachteten, während für die Berechnung der obigen Zahlen der neue Ausdehnungs-Coëfficient 0,3665 benutzt ist.



Tab

1^{ste}

$$\delta' = 0,00002618 \quad \delta'' = 0,0000302$$

No.	H'	h'	e	$H+h-e$	$H+h-e-\gamma$	$H'+h'-e$
I	336",61	171",19	1"	331",5	331",40	506",80
II	336,00	178,47	-	-	331,40	513,47
III	335,60	200,44	-	-	331,38	535,00
IV	335,59	202,57	-	-	331,38	537,16
V	337,16	207,01	-	-	331,38	543,17
VI	336,76	210,76	-	-	331,38	546,52
VII	337,31	216,52	-	-	331,37	552,83
VIII	336,35	219,43	-	-	331,37	554,78
IX	336,33	221,79	-	-	331,37	557,12
X	338,73	226,59	-	-	331,37	564,32
XI	335,60	237,37	-	-	331,36	571,97
XII	335,10	289,90	-	-	331,33	624,00
XIII	337,31	294,92	-	-	331,33	631,23
XIV	335,13	303,83	-	-	331,33	637,96
XV	337,23	337,96	-	-	331,30	674,19
XVI	337,23	375,02	-	-	331,28	711,25
XVII	330,68	374,65	-	-	331,28	713,27

2^{te}

$$\delta' = 0,00002535 \quad \delta'' = 0,00002$$

XVIII	336,86	166,00	1"	315,40	315,28	501,86
XIX	337,26	184,19	-	-	315,26	520,45
XX	334,12	190,37	-	-	315,26	523,49
XXI	337,75	193,84	-	-	315,26	530,59
XXII	334,52	237,71	-	-	315,23	571,23

3^{te}

δ und λ wie i

XXIII	332,88	170,47	1"	323,37	323,25	502,35
XXIV	334,12	243,65	-	-	323,20	576,77
XXV	337,04	247,71	-	-	323,20	583,77
XXVI	334,22	283,81	-	-	323,18	617,03
XXVII	335,14	345,00	-	-	323,14	679,14
XXVIII	336,22	345,22	-	-	323,13	680,39

Tabelle II.

(Zu Seite 194.)

1ste Reihe

00003027 $\delta''' = 0,00003455$ $\lambda = 0,36335$

$+h'-e$	$\frac{H'+h'-e}{H+h-e-\gamma}$	τ	T	$1+\delta T$	$\frac{H'+h'-e}{H+h-e-\gamma} (1+\delta T)-1$	Θ
6'',80	1,52927	145°,66	147°,39	1,004461	0,53609	146°,27
3,47	1,54918	151,44	153,26	1,004639	0,55636	151,80
5,00	1,61446	169,11	171,19	1,005182	0,62282	169,94
7,16	1,62098	170,90	173,93	1,005265	0,62951	171,76
3,17	1,63911	175,91	177,99	1,005388	0,64794	176,79
6,52	1,64923	178,68	181,95	1,005507	0,65831	179,62
2,83	1,66831	183,93	186,72	1,005652	0,67773	184,92
4,78	1,67420	185,55	188,86	1,005717	0,68377	186,57
7,12	1,68126	187,49	190,89	1,005778	0,69097	188,53
4,32	1,70299	193,47	195,80	1,005927	0,71308	194,56
1,97	1,72613	199,84	203,53	1,006161	0,73676	201,03
4,00	1,88332	243,10	249,21	1,008610	0,89953	245,44
1,23	1,90517	249,11	255,71	1,008835	0,92200	251,57
7,96	1,92545	254,69	263,50	1,009104	0,94298	257,29
4,19	2,03498	284,84	293,35	1,010135	1,05560	288,02
1,25	2,14697	315,66	327,75	1,011323	1,17128	319,58
3,27	2,15307	317,34	330,77	1,011428	1,17767	321,33

2te Reihe

0,00002944 $\delta''' = 0,00003372$ $\lambda = 0,36345$

1,86	1,59179	162,83	164,40	1,004840	0,59949	163,57
0,45	1,65086	179,07	180,93	1,005326	0,65965	179,98
3,49	1,66050	181,73	183,37	1,005398	0,66946	182,66
0,59	1,68302	187,93	190,27	1,005601	0,69244	188,93
1,23	1,81210	223,44	226,59	1,007640	0,82594	225,36

3te Reihe

λ wie in der zweiten Reihe

2,35	1,55406	152,44	154,61	1,004551	0,56113	153,10
6,77	1,78455	215,86	220,24	1,007426	0,79781	217,69
3,77	1,80622	221,82	226,07	1,007623	0,81998	223,73
7,03	1,90924	250,17	256,18	1,008838	0,92573	252,59
9,14	2,10169	303,12	312,99	1,010554	1,12387	306,65
0,39	2,10562	304,20	314,19	1,010594	1,12792	307,75

Tabelle

1ste Reihe

No.	Thermometer No. 8		Thermometer No. 8
	$\pi + p = 87,469 \text{ grm.}$		$\pi + p =$
	$\psi = 0,126 -$		$\psi =$
	$\pi' = 0,0153594$		$\pi' =$
	$\frac{p' - \psi}{p}$	T_0	$\frac{p' - \psi}{p}$
I	85,5255	148,17	89,89
II	85,4620	153,12	89,80
III	85,2355	170,86	89,55
IV	85,20125	173,55	89,52
V	85,1570	177,025	89,45
VI	85,0950	182,25	89,42
VII	85,0350	186,68	89,35
VIII	85,0145	188,26	89,31
IX	84,9840	190,66	89,29
X	84,9245	195,36	89,22
XI	84,8280	203,00	89,12
XII	84,2645	247,97	88,51
XIII	84,1670	255,81	88,44
XIV	84,0795	262,86	88,33
XV	83,7045	293,25	87,95
XVI	83,2520	330,22	87,54
XVII	83,2290	332,18	87,49

2te Reihe

No.	Thermometer No. 11		Thermometer No. 12		Thermometer No. 12
	$\pi + p = 99,3107 \text{ grm.}$		$\pi + p = 91,45187 \text{ grm.}$		$\pi + p =$
	$\psi = 0,1285 -$		$\psi = 0,10600 -$		$\psi =$
	$\pi' = 0,015443$		$\pi' = 0,015443$		$\pi' =$
	$\frac{p' - \psi}{p}$	T_{11}	$\frac{p' - \psi}{p}$	T_{12}	$\frac{p' - \psi}{p}$
XVIII	96,8565	164,29	89,19675	163,91	97,27
XIX	96,6150	180,91	88,97325	180,61	97,03
XX	96,5780	183,47	88,94225	182,93	96,98
XXI	96,4860	189,83	88,85275	189,65	96,88
XXII	95,9600	226,41	88,37075	226,04	96,36

3te Reihe

Die Thermometer waren dieselben

XXIII	96,9975	154,63	89,32525	154,35	
XXIV	96,0405	220,79	88,43975	220,80	96,46
XXV	95,9795	225,05	88,38425	225,01	96,36
XXVI	95,5405	255,88	87,96875	256,70	95,94
XXVII	94,7665	310,93	87,26275	311,21	95,12
XXVIII	94,7375	313,00	87,24275	312,79	

Reihe

Thermometer No. 9		Mittel <i>T</i>
$\pi + p = 91,9133 \text{ grm.}$		
$\psi = 0,1360$		
$\frac{\pi'}{p} = 0,0153594$		
$\frac{p' - \psi}{p}$	<i>T</i> ₉	
89,892	146,62	147,62
89,8005	153,41	153,26
89,5575	171,52	171,19
89,52025	174,31	173,93
89,4580	178,96	177,99
89,4220	181,66	181,95
89,3540	186,76	186,72
89,3180	189,47	188,86
89,2960	191,12	190,89
89,2280	196,24	195,80
89,1240	204,07	203,53
88,5135	250,46	249,21
88,4460	255,62	255,71
88,3350	264,14	263,50
87,9550	293,45	293,35
87,5460	325,29	327,75
87,4940	329,36	330,77

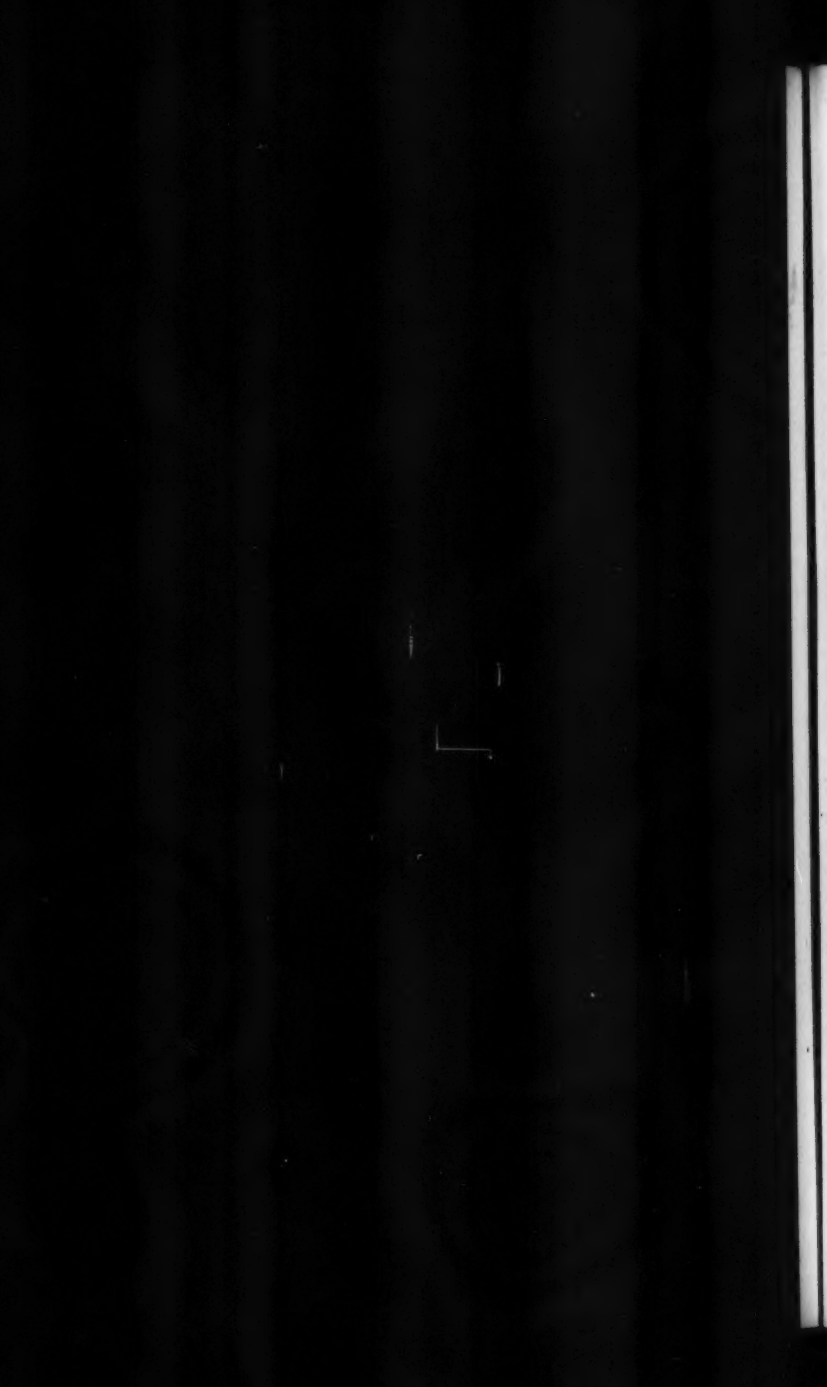
Reihe

Thermometer No. 13		Thermometer No. 14		Mittel <i>T</i>
$\pi + p = 99,7382 \text{ grm.}$		$\pi + p = 96,0727 \text{ grm.}$		
$\psi = 0,1350$		$\psi = 0,1120$		
$\frac{\pi'}{p} = 0,015443$		$\frac{\pi'}{p} = 0,015443$		
$\frac{p' - \psi}{p}$	T_{13}	$\frac{p' - \psi}{p}$	T_{14}	
97,2725	164,37	93,6880	165,02	164,40
97,0300	180,98	93,4605	181,21	180,93
96,9880	183,87	93,4325	183,20	183,37
96,8885	190,72	93,3245	190,91	190,28
96,3605	227,30	92,8275	226,65	226,59

Reihe

eselben wie in der 2ten Reihe

96,4665	219,92	93,8310	154,89	154,62
96,3635	227,09	92,9270	219,46	220,24
95,9460	256,29	92,8205	227,14	226,07
95,1220	314,69	92,4250	255,87	256,17
		91,6195	315,14	312,99
		91,5975	316,75	314,19



Diese Uebereinstimmung scheint mir nur dadurch erklärlich, daß bei der Berechnung der Resultate der Herren Dulong und Petit, dieser Ausdehnungs-Coëfficient selbst gar nicht in Anwendung gekommen ist, und dies geht auch, wie ich glaube, aus ihren eigenen Angaben hervor. Sie stellten nämlich ihre Versuche auf die Weise an, daß sie ein weites, an dem einen Ende zugeschmolzenes Glasrohr, an dem anderen Ende in eine feine Spitze auszogen, dasselbe bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmten, dann die Spitze unter Quecksilber tauchten und bis zur Temperatur der umgebenden Luft abkühlten. Sie wogen hierauf die bei dieser Temperatur in das Rohr hineingetretene Menge Quecksilber, bestimmten den Inhalt des Rohrs, und berechneten daraus die Ausdehnung der Luft. Da sie aber die Röhre stets nur bis zur Temperatur der umgebenden Luft und nicht bis zu 0° abgekühlt haben, so erhielten sie auch nur die Ausdehnung von der Temperatur der umgebenden Luft bis zur angewandten Temperatur. Um diese in Graden der hunderttheiligen Skale auszudrücken, mußten sie auch die Ausdehnung bei 100° bestimmen, aber offenbar haben sie diese auch nur von der Temperatur der umgebenden Luft bis 100° bestimmt, und hieraus das Verhältniß dieser Ausdehnung zu den übrigen berechnet. — Wiewohl dadurch auch die Ausdehnung der Luft für Einen Grad oder für 100° gegeben war, so ist es doch wahrscheinlich, daß sie diese letztere an dieser Stelle zu berechnen unterlassen haben, sonst hätte es ihnen nicht entgehen können, daß der Coëfficient 0,375 zu groß, und 0,3665 der richtige Ausdehnungs-Coëfficient sey.

Uebrigens kann ich nicht unterlassen meine Freude darüber auszusprechen, daß durch diese Arbeit die Zahlen der Herren Dulong und Petit bestätigt werden; so daß man sieht, daß diese Herren genauer und zuverlässiger gearbeitet haben, als man sich aus ihrer Angabe, daß sie den Ausdehnungs-Coëfficienten zwischen 0° und

100° eben so groß als Hr. Gay-Lussac gefunden hätten, zu schliessen berechtigt glaubte.

Während der Zeit, da ich mich mit dieser Untersuchung beschäftigte, hat auch Herr Regnault über denselben Gegenstand gearbeitet, seine Abhandlung¹⁾ gelangte hierher als ich meine Arbeit schon als beendet betrachtete. Ich war erstaunt zu sehen, daß die Resultate dieses so genauen und umsichtigen Physikers ganz abweichend waren von den meinigen. Während bei den letzteren die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers von 100° aufwärts stets bedeutender ist als die absolute Ausdehnung der Luft, und zwar schon bei der Temperatur von 150° um 1°,3 C. und bei der Temperatur von 330° um 10° C.; so hat Herr Regnault gefunden, daß die Luft und das Quecksilber sich beide ganz gleichmäßig ausdehnen, bis zur Temperatur von 200°, daß bei 250° das Quecksilber sich nur um 0°,3 mehr ausdehne als die Luft, und daß selbst bei 350° dieser Unterschied nur 3°,3 betrage.

Dies veranlaßte mich meine Versuche sogleich noch einmal zu wiederholen und einer sorgfältigen Prüfung zu unterwerfen. Es schien dies um so nöthiger als Herr Regnault einen besonderen Nachdruck darauf legt, daß die Thermometer bei dieser Untersuchung von demselben Glase seyn müssen als die Röhre welche die Luft enthält.

Derselbe hat nämlich eine Vergleichung zwischen verschiedenen Thermometern vorgenommen und dabei beobachtet, daß wenn Thermometer, die aus verschiedenen Glassorten gefertigt sind, auch bei 0° und 100° mit einander übereinstimmen, sie doch bei höheren Temperaturen sehr abweichende Anzeigen liefern können, so daß ein Thermometer aus gewöhnlichem Glase 333°,72 zeigte, während ein ähnliches aus Krystallglas in derselben Temperatur schon 340°,07, also um 6 Grad mehr zeigte. Wie-

1) *Annales de Chim. et de Physiq. Ser. III. T. V. p. 83.* (Mai 1842). — (Siehe die folgende Abhandlung. P.)

wohl nun die Thermometer, welche ich angewandt habe, aus derselben Glassorte gefertigt waren als die Röhre, welche die Luft enthielt, und außerdem, wie die Versuche des Herrn Regnault zeigen, der Unterschied selbst bei Thermometern von verschiedenen Glassorten nur dann so bedeutend ist, wenn sie aus so verschiedenartigem Glase gefertigt sind wie Krystall- und gewöhnliches Glas, hingegen nur ganz unbedeutend sind bei Thermometern aus weniger verschiedenen Glassorten; so hielt ich es doch für gut, um jedem Einwande zu begegnen, die Thermometer aus derselben Glasröhre fertigen zu lassen, von der das Stück abgeschnitten war, in welchem die Ausdehnung der Luft bestimmt wurde.

Die oben als die zweite und dritte Reihe mitgetheilten Versuche sind mit solchen Thermometern angestellt. Ich wandte für dieselben vier Ausflussthermometer gleichzeitig an, während ich früher nur zwei benutzt hatte, gleichfalls um Unregelmäßigkeiten, welche durch die Ausdehnung des Glases entstehen könnten zu vermeiden. Die Resultate dieser Reihen sind aber so übereinstimmend mit denen der ersten, daß es ganz offenbar ist, daß von den Thermometern die Abweichung meiner Resultate von denen des Herrn Regnault nicht herrührt. Ich vermute daß diese Abweichung in der Methode zu suchen ist, welche Herr Regnault angewendet hat um die Temperaturen hervorzubringen, bei welchen er die Beobachtungen anstellte.

Er hat hierzu nämlich ein Oelbad benutzt und ganz wie die Herren Dulong und Petit, dasselbe bis nahe zu der Temperatur erwärmt, welche er hervorbringen wollte, und wie diese das Feuer alsdann vermindert, indem er entweder einen Theil der Kohlen fortnahm, wenn die Temperatur nicht sehr hoch war, oder indem er allmählig die Züge des Ofens verschloß. Es trat hierdurch bald ein Moment ein, wo das Oel eben so viel Wärme empfing, als es in derselben Zeit verlor, die Temperatur er-

reichte hierbei ihr Maximum, und blieb unverändert während einer längeren und kürzeren Zeit, je nach dem Grade derselben. Dieses Maximum läßt sich, wie Herr Regnault angiebt, für die Ausdehnung der Luft ganz scharf beobachten, besonders wenn in den letzten Momenten vor demselben die Temperatur nur sehr langsam steigt, indem die Oberfläche des Quecksilbers, so lange es in der Röhre *DE* steigt, eine ganz andere ist als in dem Moment, wo es zu sinken beginnt.

Die Quecksilberthermometer geben ebenfalls ein Maximum, da es Ausflussthermometer sind. Dafs aber das Maximum dieser letzteren sich auf dieselbe Temperatur bezieht als das Maximum des Luftthermometers hat Herr Regnault daraus geschlossen, dafs es bei beiden zu gleicher Zeit eintritt, wenigstens bis zur Temperatur von 250° und selbst bei höheren Temperaturen nur um wenige Secunden, bei dem Quecksilberthermometer später als bei dem Luftthermometer.

Mir scheint indess ein solcher Schluss nicht zulässig. Denn gesetzt das Quecksilberthermometer bedarf eine etwas längere Zeit, um die Temperatur des ihn umgebenden Oels anzunehmen, als das Luftthermometer, so werden bei fortwährend steigender Temperatur des Oels beide Thermometer niemals gleichzeitig dieselbe Temperatur als das Oel haben, und sie wird bei dem Quecksilberthermometer noch später eintreten als bei dem Luftthermometer. Beginnt dann plötzlich eine Abkühlung des Oels, so werden beide Thermometer noch während eine kurze Zeit fortfahren zu steigen, ohne indess dieselbe Temperatur zu erreichen, die das Oel hatte, und dabei wird das sich langsamer erwärmende Quecksilberthermometer weiter von derselben entfernt bleiben als das Luftthermometer, und wird daher auch nicht dieselbe Temperatur erreichen als dieses. Nur in dem einzigen Falle werden die Maxima beider Instrumente derselben Temperatur entsprechen, wenn beide die gleiche Zeit erfordern, um dieselbe Temperatur anzunehmen.

Es ist indess schon daraus wahrscheinlich, daß dieß bei der Untersuchung des Herrn Regnault nicht der Fall gewesen ist, weil seine Quecksilberthermometer außerordentlich groß waren. Und es geht sogar aus dem Umstande, daß in höheren Temperaturen das Maximum bei den Quecksilberthermometern später eintrat als bei dem Luftthermometer deutlich hervor, daß die Quecksilberthermometer sich wirklich langsamer erwärmten als das Luftthermometer. Sie erreichten daher auch nicht dieselbe Temperatur als dieses; und deshalb konnte ihre Ausdehnung auch nicht so hoch ausfallen als sie ausgefallen wäre, wenn sie während längerer Zeit mit dem Luftthermometer in einer constanten Temperatur gewesen wären.

Man sieht daraus, daß die Bestimmung der Ausdehnung für höhere Wärmegrade mit Sicherheit nicht möglich ist, ohne Hervorbringung von constanten, längere Zeit dauernden Temperaturen.

II. *Ueber den Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer; von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. V. p. 83.*)

Die von Dulong und Petit gegebene Tafel über den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers kann nicht mehr zugelassen werden, da sie nach einem unrichtigen Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft berechnet ist. Im ersten Augenblick könnte man glauben, es sey nichts einfacher als an deren Resultaten die von der Aenderung des Coëfficienten bedingte Berichtigung anzubringen, und wirklich wäre dem so, wenn diese berühmten Physiker uns alle Data ihrer Versuche überliefert hätten. Allein unglücklicherweise giebt ihre Abhand-

lung¹⁾) nur die folgende Tafel, welche einige mittelst einer Interpolationsformel aus ihren Versuchen berechnete Zahlen enthält, Zahlen, die aber ganz ungenügend sind.

Temperaturen vom Quecksilberthermometer angegeben	Entsprechende Volume einer selben Luft- masse	Temperaturen vom Luftthermometer ange- geben u. berichtigt wegen der Ausdehnung d. Glases
— 36° C.	0,8650	— 36° C.
0	1,0000	0
+ 100	1,3750	+ 100
150	1,5576	148,70
200	1,7389	197,05
250	1,9189	245,05
300	2,0976	292,70
360.	2,3125	350,00

Neue Versuche sind nöthig, um die Frage zu entscheiden. — Ich habe mich auch hiezu des Verfahrens No. IV (Ann. Bd. 55 S. 557) bedient.

Der mit trockner Luft gefüllte Ballon (derselbe der zu den Versuchen a. a. O. S. 560 diente) wurde mittelst Kupferdrähte auf einem Messinggestell *ss's"tt't"* (Taf. I Fig. 5 und 6) befestigt. Das rechtwinklich gekrümmte Thermometerrohr war, wie gewöhnlich, in der Tubulatur des dreiarmigen Stücks *mno* festgekittet. Auf demselben Gestelle und symmetrisch um den Ballen geordnet, befanden sich drei Ausflussthermometer *TT'T''*. Das Gestell stand in einem rechtwinklichen kupfernen Kasten von 28 Centim. Seite und 32 Centim. Höhe, der, je nach der beabsichtigten Temperatur, mit Wasser oder Oel gefüllt war. Die Umrührer *K, K'* und *LL'* (Taf. I Fig. 5 und 7) bewegten sich in den Ecken des Kastens und dienten dazu, die verschiedenen Schichten der Flüssigkeit beständig durcheinander zu mengen²⁾.

1) *Ann. de chim. et de physiq. T. VII. p. 120.*

2) Die Umrührer *K* und *K'* bestehen aus dreiseitigen Messingplatten,

Der Kasten stand auf einem Ofen. Um die Erhaltung durch die Berührung mit der äußern Luft zu verlangsamen, hatte man den Kupferkasten in einen Blechkasten gestellt, dessen Boden zum großen Theil fortgenommen war, damit der Kupferkasten unmittelbar die Wirkung des unter ihm befindlichen Heerdes empfang, aber an den Seitenwänden von einer eingeschlossenen Luftschicht von einigen Millimetern Dicke umgeben war. Oben war der Kasten verschlossen durch einen Deckel mit mehren Löchern, um die Stiele des Thermometers durchzulassen.

Die Quecksilberthermometer waren bei der Temperatur des schmelzenden Eises gefüllt, darauf in den Apparat Taf. IV Fig. 6 Bd. 55 gebracht und darin in Dampf von siedendem Wasser erhitzt. Das bei der Siedhitze unter einem bekannten Barometerstand ausgeflossene Gewicht Quecksilber diente zur Berechnung des Abstandes zwischen den festen Punkten des Thermometers.

Der Ballon war wie gewöhnlich getrocknet und man schloß, während das Wasser im Gefäße siedete, die Röhre *op* vor der Lampe; sonach befanden sich die Quecksilbersäulen im Niveau bei der Temperatur 100° C. Nun ließ man die Temperatur sinken, während die gekrümmten Stiele das Quecksilberthermometer in kleine Röhren wie *u* tauchten. Letztere enthielten eine zuvor gewägte Menge Quecksilber und überdies die während des Steigens der Temperatur vom Frostpunkte bis zur Siedhitze aus den Thermometern geflossene. Hierauf nahm man das Wasser aus dem Gefäße und ersetzte es durch zerstoßenes Eis. Das Niveau des Quecksilbers war wie gewöhnlich an den Strich *a* gebracht. Man maß den Höhenunterschied beider Quecksilbersäulen und las den Barometerstand ab. Diese Beobachtung gab den Null-

der Umrührer *LL'* aus einer vierseitigen Platte; sie sitzen an eisenen Leisten, die oben an einem selben Holzrahmen *ff* befestigt sind, wodurch man sie alle auf einmal in dem Kasten bewegen kann.

punkt des Luftthermometers und diente zum Ausgangspunkt für alle übrigen.

Das vergleichende Studium des Ganges des Luft- und des Quecksilberthermometers bietet für Temperaturen zwischen 0° und 100° keine große Schwierigkeiten dar. Das Gefäß ist dann mit Wasser gefüllt und man erhält leicht lange stillstehende Temperaturen, die nach Mufse die Beobachtungen anzustellen erlauben. Anders ist es mit hohen Temperaturen. Alsdann ist das Gefäß mit Oel gefüllt, die Erkaltung geschieht sehr rasch und es bedarf eigener Vorsichtsmaafsregeln, um zuverlässige Beobachtungen zu machen.

Ich werde in einigen Worten sagen, wie ich den Versuch ausführte. — Zunächst wurde das Oel erhitzt bis nahe zu der beabsichtigten Temperatur; dann mässigte man die Hitze, entweder durch Fortnahme eines Theils der Kohlen, wenn man sich nicht auf einer sehr hohen Temperatur befand, oder in dem man die Klappen des Ofens immer mehr schloß und so den Luftzug allmählig minderte. Zugleich wurde die Flüssigkeit mittelst der Umrührer beständig bewegt. Bald trat ein Zeitpunkt ein, wo das Gefäß genau so viel Wärme vom Heerde erhielt als es in derselben Zeit an die Luft verlor. Dann war die Temperatur auf ihrem Maximum angelangt, sie blieb stillstehend, mehr oder weniger lange, je nach dem Punkt der Thermometerskale, auf welchen man gelangt war. Diesen Maximum-Punkt bestimmte man mit grosser Genauigkeit an dem Luftthermometer, indem man die zwei Quecksilbermenisken zugleich mit den Fernröhren der beiden Kathetometer verfolgte und deren Horizontalfäden beständig die Gipfel der Menisken berühren liess. So beobachtete man mit grosser Schärfe die Maximum-Lage des Meniskus β in der Röhre JI und die Minimum-Lage des Meniskus α in der Röhre FH . Es ist kaum nöthig zu sagen, dafs man das Quecksilber zuvor nahe auf den Strich α einstellte.

Damit diese Beobachtungen mit großer Genauigkeit zu machen seyen, ist wichtig, daß in den letzten Momenten, wo man sich dem Maximum nähert, die Temperatur langsam steige. Die ungemein verschiedene Gestalt, welche die Menisken in den Fernröhren darbieten, je nachdem die eine oder andere Säule im Steigen oder Fallen ist, erlaubt überdies mit größter Leichtigkeit zu erkennen, ob das Maximum streng erreicht oder überschritten ist. Der Meniskus hat im Steigen immer eine weit stärkere Krümmung und plattet sich sehr merklich ab im Moment, da die Bewegung der Säulen ihre Richtung ändert. Ehe die Lage der Menisken bestimmt wurde, traf man die Vorsicht, dem Gestell, an dem die communicirenden Röhren befestigt sind, einige leichte Stöße zu geben, um die Anhaftung des Quecksilbers zu zerstören und den beiden Menisken gleiche Form zu verleihen.

Somit gab die Beobachtung das Maximum des Luftthermometers. Die Quecksilberthermometer gaben schon von selbst das Maximum, da es Ausflussthermometer waren. Es blieb nur noch zu ermitteln, ob diese Maxima sich auf die nämliche Temperatur beziehen.

Man erkennt leicht bei dem Versuche selbst, daß die Quecksilberthermometer sehr nahe dasselbe Maximum wie das Luftthermometer geben müssen. Denn für Temperaturen, die nicht 200 bis 250° C. übersteigen, sieht man, daß der Moment, da das Luftthermometer sein Maximum zeigt, fast genau mit dem zusammenfällt, da das Quecksilber am capillaren Ende der Thermometerröhren stillsteht. Bei sehr hohen Temperaturen erreicht das Luftthermometer sein Maximum nur einige Secunden früher als das Quecksilberthermometer ¹⁾. Diese beiden Momente liegen so nahe zusammen, daß es unmöglich ist,

1) Sobald der Beobachter, der mittelst der Fernröhre den Gang der Menisken verfolgte, den Wechsel im Sinne der Bewegung der Quecksilbersäulen gewahrte, gab er dem Gehülfen einen Wink, daß er die Umrührer unaufhörlich bewegte. Dieser konnte dann erkennen, daß

dafs die Maxima nicht derselben Temperatur entsprechen. Offenbar wird übrigens diese Bedingung desto besser erfüllt, als die Erhitzung bei Annäherung an das Maximum langsamer ist.

Man nimmt mit dem ersten Kathetometer den Abstand der Minimum-Lage des Meniskus A vom Striche α , und mit dem zweiten Kathetometer den Abstand der Maximum-Lage des Meniskus in der Röhre B von demselben Striche α . Durch Addition oder Subtraction dieser Abstände, je nach den Fällen, bekommt man den Höhenunterschied der beiden Quecksilbersäulen, welcher, hinzugefügt zum Barometerstand, die vom Luftthermometer angezeigte Temperatur berechnen läfst.

Es seyen, wenn der Ballon im schmelzenden Eise ist, H der Barometerstand, $-h$ der Niveau-Unterschied beider Quecksilbersäulen, $-v$ das kleine Volum äusserer Luft, $-t$ dessen Temperatur; — ferner, wenn der Ballon in der unbekannten Temperatur ϑ des Luftthermometers oder der Temperatur T des Quecksilberthermometers befindlich ist, seyen H', h', v' und t' die entsprechenden Gröfsen; endlich sey δT die Volumsvergrößerung des Ballons in Folge der Ausdehnung des Glases vom Punkte des schmelzenden Eises an bis zur Temperatur T , so hat man:

$$1 + 0,003665 \vartheta = \frac{(H' + h')(1 + \delta T)}{(H - h) + \frac{v}{V} \frac{1}{1 + \alpha t} (H - h) - \frac{v'}{V} \frac{1}{1 + \alpha t'} (H' + h')}$$

woraus sich ϑ ergibt.

Die Temperaturen T der Quecksilberthermometer sind aus dem ausgeflossenen Gewicht Quecksilber hergeleitet. Ist P das bei 0° das Thermometer füllende Ge-

einige Secunden hernach das Quecksilbertröpfchen am Ende der Haarröhrchen der Quecksilberthermometer stehen blieb, und dafs, nach seiner Absonderung, die Säule nicht säumte, in die Röhre wieder einzutreten.

wicht Quecksilber; π das von 0° bis 100° ausfließende und p das von 0° bis T ausfließende, so hat man

$$T = 100 \frac{p}{\pi} \cdot \frac{P - \pi}{P - p}.$$

Die Formel, die zur Berechnung der Temperatur des Luftthermometers dient, schließt einen Factor ein, nämlich $(1 + \delta T)$, der etwas unsicher bleibt. δT ist die Ausdehnung der Volumseinheit des Glases von 0° bis T . Diese Größe mußte durch directe Versuche bestimmt werden. Und dies habe ich wirklich zu thun versucht, wie man weiterhin sehen wird; allein die Beobachtung giebt die Ausdehnung des Glases in Function der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers, die man als bekannt voraussetzt. Dies ist aber gerade der zweifelhafte Punkt der Aufgabe. Es bedürfen nämlich die Zahlen, welche die Physiker nach den Versuchen von Dulong und Petit angenommen haben, einer Abänderung, weil sie, in Bezug auf das Luftthermometer berechnet mit dem Coëfficienten 0,375, erhalten worden sind; allein auch hier kann die Umwandlung nicht mit einiger Sicherheit geschehen, da die Angaben fehlen.

Dulong und Petit haben uns nur folgende Resultate überliefert.

Temperaturen, aus der Ausdehnung der Luft hergeleitet Absolute Ausdehnungen des Quecksilbers im Mittel

0°	0
100	$\frac{1}{3330}$
200	$\frac{1}{3125}$
300	$\frac{1}{3000}$

Wenn man diese Resultate mit der wegen Aenderung des Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft erforderlichen Berichtigung versieht, unter der Voraussetzung, daß das Luftthermometer von Dulong und Petit von Null aus graduirt war, so findet man für die in der ersteren Spalte enthaltenen Temperaturen:

0°, 102°, 3; 204°, 6; 306°, 9
und die obige Tafel wird:

0°	100°	200°	300°
0	$\frac{1}{3677}$	$\frac{1}{3350}$	$\frac{1}{3423}$

Nur neue Versuche können entscheiden, ob die so abgeänderte Tafel angenommen werden darf.

Der Factor ($+\delta T$) bietet also in seiner numerischen Bestimmung einige Unsicherheit dar; allein ich glaube nicht, daß der daraus entspringende Fehler sich auf zwei bis drei Zehntel eines Grades erhebe. Uebrigens habe ich in den folgenden Tafeln die bei jedem Versuch angenommenen Werthe von $1+\delta T$ angegeben. Sobald neue Versuche die Werthe des Coëfficienten der wahren Ausdehnung des Quecksilbers festgestellt haben werden, lassen sich in meinen Versuchen sehr leicht die erforderlichen Berichtigungen anbringen, wenn man sich erinnert, daß T die Temperatur des Quecksilberthermometers bezeichnet, und man die körperliche Ausdehnung des Glases nach den von mir gegebenen Tafeln berechnet.

Zu diesem Behufe machte man Versuche mit einem Ausfluß-Quecksilberthermometer, gebildet aus einem Glasballon von derselben Glashütte wie der, welcher bei den vorhergehenden Versuchen zum Luftthermometer gedient hatte, und in seinem Gange mit denen der beiden Quecksilberthermometer verglichen worden war. Das dritte Thermometer war durch einen Unfall außer Dienst gesetzt. Das ganze System stand auf dem Gestell Taf. I. Fig. 5 und 6 und der Versuch wurde durchaus eben so geleitet, wie wenn es sich darum handelte, den Gang des Luft- und Quecksilberthermometers zu vergleichen.

Der Ballon faßte 4122,88 Grm. Quecksilber von 0°. Folgende Tafel enthält die erlangten Resultate, mittelst deren man die Ausdehnung des Glases für hohe Temperaturen berechnen kann, wenn man die cubische Ausdehnung des Quecksilbers mit Sicherheit kennt.

Temperaturen der Quecksilberthermometer

Kugel-Thermometer, ausgeflossenes Quecksilber von 0° an

I.	II.	Mittel	
0°	0°	0°	0
100	100	100	63 ^{grm.} ,508
147,80	147,77	147,78	93,149
208,23	208,33	208,13	130,141
254,06	254,20	254,13	158,343
282,72	382,98	282,85	175,570.

Folgende Tafeln enthalten den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers:

No. d. Vers. ¹⁾	H'	h'	t'	δT	ϕ	T	T- ϕ
----------------------------	----	----	----	------------	--------	---	-----------

Erste Reihe

$$H=746,52; h=-200,98; v=v'=0,00290 V; t=10^{\circ}$$

1. W.	745,90	-101,68	12°,0	0,00115	49°,88	50°,17	+0,29
2. W.	745,96	-100,64	11,9	0,00116	50,44	50,63	+0,19
3. W.	745,84	-99,73	11,6	0,00117	50,84	51,04	+0,20
4. W.	745,92	-78,82	11,5	0,00142	61,48	61,75	+0,27
5. W.	747,75	-64,20	11,7	0,00161	69,82	70,06	+0,24
6. W.	748,39	-5,91	12,3	0,00230	99,73	99,89	+0,16
7. O.	749,35	+113,85	12,2	0,00390	161,32	161,18	-0,14
8. O.	749,81	+211,01	12,3	0,00527	211,26	211,22	-0,02

Zweite Reihe

berechnet aus dem Werth bei 100°. Der Druck bei 0° berechnet aus dem im siedenden Wasser gemachten Versuch No. 9.

$$H=746,52; H-h=559,19; t=14^{\circ}9; v=v'=0,00275 V$$

1. W.	761,62	-133,90	12°,9	0,00078	33°,78	34°,10	+0,32
2. -	761,50	-131,54	12,9	0,00081	34,85	35,11	+0,26
3. -	760,44	-118,88	12,8	0,00094	40,61	40,83	+0,28
4. -	759,44	-106,23	13,2	0,00107	46,36	46,54	+0,18
5. -	759,01	-100,32	13,3	0,00113	49,07	49,25	+0,18
6. -	758,62	-99,79	12,7	0,00114	49,14	49,42	+0,28
7. -	758,59	-97,23	12,0	0,00117	50,39	50,66	+0,27
8. -	758,44	-86,90	12,9	0,00128	55,51	55,76	+0,25
9. -	760,52	+1,84	14,9	0,00230	100,34	100,34	0,00

1) Die Buchstaben W und O in dieser Spalte zeigen an, ob die Versuche in Wasser oder Oel angestellt sind.

No. d. Vers.	H'	h'	t'	δT	θ	T	$T-\theta$
-----------------	------	------	------	------------	----------	-----	------------

Dritte Reihe

$$H=760,56; h=-196,60; t=11^{\circ},2; v=v'=0,00280 V$$

1. W.	754,65	0	10°,4	0,00230	100°,06	¹⁾	
2. -	754,03	-146,97	10,4	0,00061	26,42	26°,52	+0,10
3. -	753,83	-136,53	12,0	0,00073	31,51	31,62	+0,11
4. -	753,33	-132,51	12,0	0,00077	33,36	33,50	+0,14
5. -	753,18	-130,90	11,9	0,00078	34,00	34,12	+0,12
6. -	752,63	-113,37	11,5	0,00098	42,46	42,64	+0,18
7. -	749,67	-95,38	12,6	0,00115	49,95	50,13	+0,18
8. -	749,55	-92,71	12,9	0,00118	51,22	51,39	+0,17
9. -	749,38	-84,27	12,9	0,00127	55,35	55,59	+0,24
10. -	749,16	-72,66	13,4	0,00141	61,02	61,18	+0,16
11. -	748,91	-51,58	13,3	0,00164	71,42	71,59	+0,17
12. -	749,03	-25,58	12,5	0,00188	81,96	82,06	+0,10
13. -	748,81	+5,53	13,0	0,00230	99,92	99,91	-0,01
14. O.	756,14	+1,80	13,5	0,00233	101,71	101,68	-0,03
15. -	755,59	+57,86	13,5	0,00303	129,53	129,31	-0,22
16. -	755,57	+86,05	15,1	0,00336	143,66	143,39	-0,27
17. -	755,41	+105,54	15,6	0,00352	153,33		
18. -	754,63	+129,19	12,5	0,00389	164,86		
19. -	749,25	+153,00	14,6	0,00417	174,15	173,76	-0,39
20. -	751,43	+206,94	16,7	0,00485	202,40	202,19	-0,21
21. -	752,06	+213,84	14,7	0,00494	206,20	205,96	-0,24
22. -	755,48	+234,95	13,9	0,00546	218,67	218,32	-0,35
23. -	755,79	+290,46	14,9	0,00622	246,91	246,77	-0,14
24. -	756,71	+331,61	15,5	0,00678	268,21	268,61	+0,40
25. -	757,16	+365,94	15,7	0,00732	285,90	286,74	+0,84
26. -	758,02	+413,78	16,1	0,00795	310,63	312,32	+1,69
27. -	765,10	+139,25	14,0	0,00420	175,21	175,29	+0,08
28. -	764,61	+238,38	12,1	0,00551	225,04	225,10	+0,06

1) Der Nullpunkt wurde durch einen directen Versuch in schmelzendem Eise bestimmt.

No. d. Vers.	H'	h'	$\frac{v'}{F}$	t'	ΔT	ϕ	T
-----------------	------	------	----------------	------	------------	--------	-----

Vierte Reihe

$$H=750,56; H-h=546,70; v=0,00280 V; t=11^{\circ},2$$

1. O.	762,20	+ 15,06	0,00280	14,9	0,00271	116°,58	116°,71
2. -	762,16	+ 82,69	0,00294	14,5	0,00356	151,02	150,93
3. -	762,14	+135,26	0,00284	13,3	0,00426	177,75	177,50
4. -	762,33	+215,15	0,00283	13,2	0,00523	218,62	218,46
5. -	762,52	+283,47	0,00285	12,8	0,00622	253,78	253,90
6. -	762,41	+340,00	0,00322	13,8	0,00710	283,24	283,96

Fünfte Reihe

$$H=750,56; H-h=546,10; v=0,00270 V; t=14^{\circ},5$$

1.)	761,65	+117,45	0,00268	14,7	0,00405	168°,79	168°,79
2. o	761,62	+162,88	0,00280	14,4	0,00461	192,05	191,82
3. -	761,80	+217,99	0,00286	14,0	0,00532	220,39	220,26
4. -	761,98	+279,20	0,00293	13,2	0,00617	251,98	252,02
5. -	762,57	+341,42	0,00304	13,0	0,00701	284,40	284,98
6. -	763,23	+376,97	0,00302	12,3	0,00760	303,11	304,01
7. -	767,52	+119,31	0,00305	10,6	0,00415	173,02	173,12
8. -	767,62	+256,90	0,00280	11,6	0,00596	243,38	243,57
9. -	767,67	+353,51	0,00281	12,4	0,00735	293,09	293,97
10. -	767,60	+404,10	0,00292	12,0	0,00807	319,29	320,73
11. -	767,72	+417,19	0,00279	12,4	0,00836	326,01	327,73
12. -	767,54	+465,70	0,00316	12,1	0,00904	351,51	354,48

Tafel der Resultate mit dem Quecksilberthermometer.

No.	p_1	p_2	p_3	T_1	T_2	T_3	T
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----

Erste Reihe

	Grm.					
1.	8,6550	2)	10,7625	50°,16	50°,18	50°,17
2.	8,7345		10,8605	50,62	50,64	50,63
3.	8,8040		10,9460	51,03	51,04	51,04
4.	10,6255		13,2325	61,69	61,81	61,75
5.	12,0340		15,0010	69,96	70,16	70,06
6.	17,0920		21,2755	99,82	99,96	99,89
5.	27,3255		33,9935	161,06	161,29	161,18
8.	35,5645		44,2180	211,21	211,24	211,22

1) Der Nullpunkt nach dem Versuch No. 1 zu 168°,79 berechnet.

2) Das Thermometer No. II sprang beim Versuch.

Poggendorff's Annal. Bd. LVII.

No.	p_1	p_2	p_3	T_1	T_2	T_3	T
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----

Zweite Reihe

1.	4,626	7,382	5,908	34°,06	34°,14	34°,10	34°,10
2.	4,766	7,590	6,085	35°,09	35°,11	35°,12	35°,11
3.	5,548	8,834	7,077	40°,89	40°,90	40°,88	40°,89
4.	6,309	10,042	8,052	46°,55	46°,50	46°,56	46°,54
5.	6,674	10,619	8,513	49°,25	49°,27	49°,25	49°,25
6.	6,695	10,656	8,543	49°,41	49°,40	49°,43	49°,42
7.	6,862	10,926	8,759	50°,65	50°,66	50°,68	50°,66
8.	7,546	12,015	9,632	55°,74	55°,76	55°,78	55°,76
9.	13,489	21,473	17,217	100°,32	100°,32	100°,38	100°,34

Dritte Reihe

1.	13,455	13,131	17,173	100°,06	100°,20	100°,13	100°,13
2.	3,606	-	-	26°,52	-	-	26°,52
3.	4,296	-	-	31°,62	-	-	31°,62
4.	4,551	-	-	33°,50	-	-	33°,50
5.	4,635	-	-	34°,12	-	-	34°,12
6.	5,784	-	-	42°,64	-	50°,15	42°,64
7.	6,790	-	8,668	50°,11	-	51°,42	50°,13
8.	6,958	-	8,884	51°,36	-	55°,58	51°,39
9.	7,517	7,345	9,597	55°,53	55°,67	-	55°,59
10.	8,266	8,074	-	61°,11	61°,25	-	61°,18
11.	9,655	9,432	-	71°,49	71°,67	-	71°,59
12.	11,052	10,792	-	81°,97	82°,13	-	82°,06
13.	13,424	13,100	-	99°,85	99°,97	-	99°,91
14.	13,658	13,338	-	101°,58	101°,78	-	101°,68
15.	17,296	16,883	-	129°,20	129°,41	-	129°,31
16.	19,124	18,682	-	143°,16	143°,59	-	143°,38
17.	20,385	-	-	152°,82	$\frac{0}{0}$	-	-
18.	21,895	-	-	164°,43	$\frac{0}{0}$	-	-
19.	23,086	22,535	-	173°,62	173°,90	-	173°,76
20.	26,742	26,120	-	201°,96	202°,43	-	202°,19
21.	27,216	26,598	-	205°,66	206°,25	-	205°,96
22.	28,816	28,124	-	218°,15	218°,49	-	218°,32
23.	32,429	31,659	-	246°,55	246°,99	-	246°,77
24.	35,181	34,352	-	268°,34	268°,87	-	268°,61
25.	37,441	36,587	-	286°,34	287°,14	-	286°,74
26.	40,641	39,689	-	311°,98	312°,65	-	312°,32
27.	23,285	22,727	-	175°,15	175°,42	-	175°,29
28.	29,681	28,969	-	224°,93	225°,27	-	225°,10

No.	p_1	p_2	p_3	T_1	T_2	T_3	T
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----

Vierte Reihe

1.	15,641	15,262	15,645	116°,62	116°,76	116°,75	116°,71
2.	20,129	19,636	20,120	150°,86	151°,00	150°,93	150°,93
3.	23,580	23,003	23,560	177°,43	177°,61	177°,44	177°,50
4.	28,848	28,141	28,815	218°,41	218°,62	218°,36	218°,46
5.	33,360	32,538	33,299	253°,90	254°,11	253°,67	253°,90
6.	37,149	36,218	37,078	284°,03	284°,12	283°,72	283°,96

Fünfte Reihe

1.	22,451	21,906	22,432	168°,71	168°,92	168°,79	168°,81
2.	25,430	24,816	25,396	191°,76	192°,02	191°,68	191°,82
3.	29,080	28,369	29,037	220°,22	220°,45	220°,10	220°,26
4.	33,116	32,306	33,069	251°,97	252°,23	251°,85	252°,02
5.	37,261	36,357	37,212	284°,90	285°,25	284°,79	284°,98
6.	39,650	38,673	39,574	304°,02	304°,28	303°,72	304°,01
7.	23,018	22,455	22,988	173°,09	173°,26	173°,02	173°,12
8.	32,046	31,261	32,000	243°,53	243°,77	243°,41	243°,57
9.	38,403	37,447	38,325	294°,03	294°,19	293°,70	293°,97
10.	41,734	40,682	41,662	320°,79	320°,87	320°,54	320°,73
11.	42,593	41,541	42,521	327°,73	327°,99	327°,47	327°,73
12.	45,883	44,731	45,843	354°,43	354°,55	354°,46	354°,48

Angaben der zu vorstehenden Reihen angewandten Quecksilber-thermometer.

Thermometer

	I	II	III
--	---	----	-----

Reihe I

$P =$	1126 ^{grm.} ,932	1406 ^{grm.} ,592
$p =$	17°,185	21°,362
$H =$	769 ^{mm.} ,68	769 ^{mm.} ,53
$T =$	100°,36	100°,36
$\pi =$	17,1233	21,2853

Reihe II

$P =$	885 ^{grm.} ,121	1407 ^{grm.} ,781	1126 ^{grm.} ,904
$p =$	13°,458	21°,403	17°,168
$H =$	762 ^{mm.} ,56	762 ^{mm.} ,92	762 ^{mm.} ,84
$T =$	100°,09	100°,11	100°,10
$\pi =$	139 ^{grm.} ,446	21 ^{grm.} ,379	17 ^{grm.} ,151

		Thermometer		
		I	II	III
Reihe III				
$P =$	885,121	862,732	1126,904	
$p =$	13,458	13,085	17,168	
$H =$	762,56	755,83	762,84	
$T =$	100°,09	99,85	100°,10	
$\pi =$	13,446	13,104	17,151	
Reihe IV u. V				
$P =$	885,121	862,732	882,694	
$p =$	13,458	13,085	13,445	
$H =$	762,56	755,83	762,14	
$T =$	100°,09	99,85	100°,08	
$\pi =$	13,446	13,104	13,434	

Aus diesen Versuchen ersieht man, daß zwischen 0° und 100° C., das Luftthermometer beinahe genau mit dem Quecksilberthermometer übereinstimmt, was die älteren Beobachtungen des Hrn. Gay-Lussac bestätigt. Es ist jedoch zu bemerken, daß bei meinen Versuchen das Luftthermometer gegen die Mitte seiner Skale beständig um etwa 0°,2 hinter dem Quecksilberthermometer zurückblieb. Diefß scheint anzuzeigen, daß in dem Gange beider Thermometer wirklich ein kleiner Unterschied vorhanden ist, aber ein zu kleiner, als daß es nöthig wäre, darauf Rücksicht zu nehmen. Er fällt überdies zwischen die Unsicherheits-Gränzen, welche von der Verrückung des Nullpunkts am Quecksilberthermometer abhängen.

Oberhalb 100° ist der Gang des Quecksilberthermometers ziemlich im Einklang mit dem des Luftthermometers bis etwa zur Temperatur 250°. Von diesem Punkte an eilt das Quecksilberthermometer dem Luftthermometer voraus; bei 300 beträgt der Unterschied 1°, bei 325° steigt er auf 1°,75, und endlich bei 350° sogar auf ungefähr 3°.

Die in obigen Tafeln angeführten Angaben der Quecksilberthermometer sind etwas zu gering; sie bedürfen ei-

ner sehr kleinen Berichtigung, die aber schwer auf eine genaue Weise zu bestimmen ist. Man suchte die Menge des Quecksilbers in den nicht in Oel eingetauchten Theilen der Thermometerstiele so klein wie möglich zu machen, konnte sie aber nicht unmerklich machen. Bei den angewandten Thermometern entsprachen die nicht eingetauchten Stielstücke etwa 7° für jedes dieser Thermometer, so daß, wenn man mit τ die Temperatur dieser Stielstücke bezeichnet, man zu jeder Temperatur T der Quecksilberthermometer hinzufügen muß

$$\Delta T = 7^\circ \frac{T - \tau}{6280}.$$

Die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers im Glase ist hier als constant vorausgesetzt. Nimmt man $\tau = 50^\circ$, so findet man für

$$T = 150^\circ \quad \Delta T = 0,11$$

$$T = 200 \quad \Delta T = 0,16$$

$$T = 250 \quad \Delta T = 0,22$$

$$T = 300 \quad \Delta T = 0,27$$

$$T = 350 \quad \Delta T = 0,33.$$

Man wird bemerken, daß diese Addition beinahe den Zeichenwechsel vernichtet, den man beständig in der Columnne der Unterschiede zwischen den Punkten 100° und etwa 250° antrifft. Diese Berichtigung gemacht, ergiebt sich aus meinen Versuchen der zusammengehörige Gang beider Thermometer folgendermaassen:

Luftthermometer	Quecksilberthermometer	Unterschiede
0°	0	0
50	50,2	+ 0,2
100	100,0	0
150	150,0	0
200	200,0	0
250	250,3	+ 0,3
300	301,2	+ 1,2
325	326,9	+ 1,9
350	353,3	+ 3,3

Gegen 150° scheinen meine Versuche einen kleinen negativen Unterschied anzuzeigen. Die kleinen Unregelmäßigkeiten übrigens, die man in dem vergleichenden Gang der beiderlei Thermometer bemerkt, müssen offenbar den Unregelmäßigkeiten in der Ausdehnung des Glases zugeschrieben werden, die eine desto beträchtlichere momentane Verschiebung des Nullpunkts veranlassen, als der Apparat auf eine höhere Temperatur gebracht wird. Diese Ungleichheiten in der Ausdehnung des Glases werden immer verhindern, daß die Anzeigen eines selben Quecksilberthermometers unter sich vollkommen vergleichbar sind. Schon in meiner ersten Arbeit (Ann. Bd. 55 S. 585) habe ich bemerkt gemacht, daß mehrere Versuche, die hintereinander zur Bestimmung der Ausdehnung eines selben Glasapparats zwischen denselben Temperaturgränzen und unter identischen Umständen angestellt werden, sehr selten ganz übereinstimmende Resultate geben, und die Unterschiede zu groß sind, als daß sie einzig den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnten. Bei den Vergleichen, die ich in den vorhergehenden Versuchen mit Ausflussthermometer vorgenommen, habe ich Gelegenheit gehabt, diese Thatsache mehrmals zu bestätigen.

Es ist wichtig zu bemerken, daß die vorstehenden Resultate nur gelten für den vergleichenden Gang des Luftthermometers, berichtigt wegen der Ausdehnung des Glases, und eines Quecksilberthermometers, construirt aus Röhren von französischem Glase, mit einem Wort, aus genau denselben, die zu meinen Versuchen dienten. Die Berichtigungstafeln könnten ganz anders ausfallen, wenn die Quecksilberthermometer mit Gläsern von anderer Natur construirt wären.

Insgemein nimmt man an, daß zwei Quecksilberthermometer, die bei 0° und 100° übereinstimmen, es auch bei allen übrigen Punkten der Skale thun. Nichts ist aber unrichtiger als diese Annahme. Wenn die beiden Ther-

nometer nicht genau aus derselben Glasart construirt sind, so können in hohen Temperaturen Unterschiede von mehren Graden vorkommen.

Um diese Thatsache festzustellen brauche ich mich nur auf die kleine Tafel S. 207 zu berufen, aus welcher sich der vergleichende Gang der zu meinen Versuchen angewandten Quecksilberthermometer und eines aus einem Ballon von gemeinem pariser Glase verfertigten Quecksilberthermometers herleiten läßt, wie folgt:

Mittel aus I u. II	Kugelthermometer	Unterschied
0°	0°	0
100	100	0
147 ,78	147 ,75	— 0,03
208 ,13	208 ,34	+ 0,21
254 ,13	255 ,29	+ 1,16
282 ,85	284 ,31	+ 1,46

Das aus dem Ballon construirte Thermometer eilte den aus Röhren verfertigten von 200° ab voraus, und bei 285° betrug der Unterschied etwa 1°,5').

Noch deutlicher ergaben sich die Gang-Unterschiede durch Versuche mit drei Ausfluß-Quecksilberthermometern, gebildet das erste aus einem kleinen Glasballon und daran geschmolzenen Haarröhrchen, das zweite von einer aus einem Haarröhrchen geblasenen Kugel von gemeinem Glase und das dritte von einer Kugel, aus einer Röhre von Krystallglas. Alle Kugeln hatten nahezu gleichen Durchmesser, die Röhren gleiches Kaliber und gleiche Länge, mit einem Worte: die drei Thermometer waren so ähnlich wie möglich. Sie wurden auf ein kleines Messinggestell (Taf. 1 Fig. 7) gebracht, welches seinerseits in einem rechteckigen Kasten voll Oel stand.

- 1) Diese Gangverschiedenheiten der Quecksilberthermometer in hohen Temperaturen gehen auch sehr gut aus den Tafeln S. 207 bis 209 hervor. Das Thermometer No. II gab beständig eine etwas höhere Temperatur, als die beiden anderen.

Die Thermometer waren zuvor von Luft und Feuchtigkeit wohl gereinigt, und durch einen directen Versuch hatte man das Gewicht Quecksilber, welches von 0° bis 100° aus diesen Instrumenten austrat, sorgfältig bestimmt. Ein dicker, am Messinggestell sitzender Kupferdraht erlaubte den Apparat in dem Bade zu drehen und jedem Thermometer alle möglichen Lagen zu geben, so dafs man nicht die angegebenen Unterschiede von einer etwaigen Verschiedenheit der Temperatur in den verschiedenen Theilen des Kastens ableiten kann. Das Oel wurde überdies durch die Umrührer beständig bewegt.

I Röhre von ge- meinem Glase, zur Kugelausblasen	II Kleiner Ballon von gemeinem Glase	III Röhre von Kry- stallglas, zur Kugel ausblasen	Unterschied zwi- schen I u. III
0°	0°	0°	0°
100	100	100	0
190 ,51	190 ,84	191 ,66	+ 1,15
246 ,68	247 ,02	249 ,36	+ 2,68
251 ,87	252 ,06	254 ,57	+ 2,70
279 ,08	279 ,31	282 ,50	+ 3,42
310 ,69	311 ,14	315 ,28	+ 4,59
333 ,72	333 ,76	340 ,07	+ 6,35

Die Thermometer I und II gingen beinahe übereinstimmend, indess war No. II immer dem No. I etwas voraus. Das Thermometer III, mit Behälter aus Krystallglas, zeigte dagegen einen weit rascheren Gang als die beiden ersten; es war bei 330° über 6° gegen das Thermometer aus gemeinem Glase voraus. Am Schlusse der Versuche überzeugte ich mich, durch Vergleichung der Apparate mit dem darin gebliebenen Quecksilber, dafs bei keinem der drei Thermometer ein Verlust an Quecksilber stattgefunden hatte. Das Gewicht, hinzugefügt zum Gewichte des ausgeflossenen Quecksilbers, gab genau das Gewicht, welches vor dem Versuch gefunden ward ¹⁾.

1) Ich behaupte nicht, dafs die Gangverschiedenheiten zwischen den Thermometern mit Behältern von gemeinem und von Krystallglas

Mitbin haben die drei Glassorten nicht bloß im Ganzen verschiedene Ausdehnungs-Coëfficienten, sondern sie folgen auch in ihrer Ausdehnung verschiedenen Gesetzen. Die Gläser, welche den kleinsten Ausdehnungs-Coëfficienten besitzen, scheinen mit der Temperatur einen weniger raschen Anwuchs ihrer Ausdehnung zu erfahren.

Diese Resultate sind, glaube ich, hinreichend, zu zeigen, daß man in Zukunft die zu genauen Versuchen angewandten Quecksilberthermometer nicht bloß an den beiden festen Punkten der Skale, sondern auch in höheren Temperaturen vergleichen müsse, indem man bei Vernachlässigung dieser Vorsicht beträchtliche Fehler begehen kann. Man sieht auch daraus, wie sehr die absoluten Angaben der Quecksilberthermometer in den hohen Temperaturen, entfernt von den festen Punkten, unsicher sind und welche Schwierigkeit es hat, daß die unter dergleichen Umständen von verschiedenen Beobachtern erhaltenen Resultate streng vergleichbar seyen. Es ist daher zu wünschen, daß man sich bei genauen Versuchen unmittelbar des Luftthermometers bediene, da dessen Angaben, wegen der Größe der Ausdehnung der Luft, welche die Unregelmäßigkeiten in der Ausdehnung der Hülle unmerklich macht, immer vergleichbar sind.

Das zu meinen Versuchen angewandte Luftthermometer gründet sich auf die Messung der Aenderungen der Spannkraft des Gases, bei ungeändertem Volum. Ich gab dieser Methode den Vorzug vor der, wo man die Volumsvergrößerung direct mißt. Diese letztere ist umständlicher und bietet überdies den sehr großen Uebelstand dar, daß sie, je höher die Temperatur, desto unempfindlicher in ihren Angaben ist.

Die Resultate dieser Versuche sind immer so bedeutend seyen, als sie hier gefunden wurden. So zeigten zwei andere Thermometer mit Behältern von gemeinem Glas und Krystallglas (geblasen aus andern Röhren, als die zu den übrigen Versuchen angewandten) nur einen Unterschied von 3° bei der Temperatur von 300° ; aber der Unterschied lag in gleichem Sinne.

Die so einfachen Gesetze, die bisher über die Ausdehnungen der Gase angenommen worden, haben die Physiker verleitet, das Luftthermometer als ein Normalthermometer anzusehen, dessen Angaben den Anwüchsen der Wärmemengen wirklich proportional seyen. Nachdem diese Gesetze als unrichtig erkannt sind, sieht man, daß das Luftthermometer zurückfällt in die Klasse aller übrigen Thermometer, deren Gang eine mehr oder weniger complicirte Function der Wärme-Anwüchse ist. Man begreift darnach, wie weit wir noch davon entfernt sind, Mittel zur Messung absoluter Wärmemengen zu besitzen, und wie gering beim gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse die Hoffnung ist, in den von diesen Größen abhängigen Erscheinungen einfache Gesetze durch Versuche aufzufinden.

III. *Untersuchungen über gewisse Umstände, welche auf die Temperatur des Siedpunkts der Flüssigkeiten von Einfluss sind; von Hrn. F. Marcet.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. T. IX.* — Ein kurzer Bericht von dieser schätzenswerthen Arbeit wurde bereits im vorigen Bande S. 170 geliefert.)

Im Allgemeinen sind die Physiker darüber einverstanden, daß die Temperatur, bei welcher eine Flüssigkeit siedet, von drei ganz verschiedenen Umständen abhängt: 1) von der Natur der Flüssigkeit, 2) vom Druck der Atmosphäre und 3) von der Natur des Gefäßes, in welchem das Sieden geschieht. Dieser letztere Punkt ist es, auf welchen ich für eine Weile die Aufmerksamkeit der Gesellschaft lenken werde.

Hr. Gay-Lussac hat zuerst bemerkt, daß in dem Siedpunkt des Wassers beträchtliche Unterschiede vorkommen, je nach der Natur des angewandten Gefäßes

und der in die Flüssigkeit eingebrachten Substanzen, selbst wenn diese sich nicht darin auflösen. Nach diesem Gelehrten siedet das nämliche Wasser, welches in einem Metallgefäße bei der Temperatur 100° ins Sieden geräth, in einem Glasgefäße erst bei $101^{\circ},232$. Die Einschüttung von Etwas zerstoßenen Glases senkt diese Temperatur auf $100^{\circ},329$, und die von Eisenfeilicht führt sie auf 100° zurück, wie wenn das Sieden in einem Metallgefäße geschähe').

Zwei Erklärungen sind von dieser Erscheinung gegeben. Einige Physiker schienen anfangs geneigt, dieselbe wenigstens zum Theil von dem Unterschiede in der Wärmeleitung des Metalls und des Glases herzuleiten. Andere dagegen sehen darin das Ergebniß einer bloßen Anhaftung der Flüssigkeit an den Wänden des Gefäßes. In der That kann man annehmen, daß das Sieden eintritt, wenn die Abstofungskraft der Wärme hinreichend ist, die Cohäsion der Theilchen der Flüssigkeit nebst dem Druck der Atmosphäre zu überwinden. Wenn nun die Flüssigkeit in einem Gefäße befindlich ist, dessen Wände mehr Adhäsion zu den Flüssigkeitstheilchen haben als diese unter sich, so bedarf es offenbar zur Ueberwältigung dieser Adhäsion mehr Wärme als nöthig seyn würde, um die bloße Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen zu überwinden. Auf dem ersten Blick scheint diese Bemerkung zwar nur auf die unmittelbar mit den Wänden in Berührung stehende Portion der Flüssigkeit anwendbar; erwägt man indess, daß der unterscheidende Charakter des Siedens in der gleichzeitigen Dampfbildung in allen Theilen der Flüssigkeit liegt, so wird man zugeben, daß die Temperatur dieser Flüssigkeit nothwendig steigen müsse, bis diese in der gesammten Masse, an den Wänden sowohl wie anderswo, die Wärme erlangt hat, welche zum Uebergang derselben in den elastischen Zustand erforderlich ist.

1) Péclet, *Traité de physique* 2^{me} edit. T. I p. 599.

Ist die obige Erklärung gegründet, so folgt daraus natürlich, daß die Einschüttung von Hammerschlag oder Feilicht von Eisen, Zink oder irgend einer anderen Substanz von weniger Molecular-Adhäsion zum Wasser als das Glas hat, in dem Ballon die Temperatur der siedenden Flüssigkeit senken muß, ohne sie indess je auf 100° herabzubringen, d. h. auf die Temperatur, bei welcher das Sieden in einem Metallgefäße geschieht. Man begreift nämlich, daß es immer einige Theile des Ballons geben werde, wo das Wasser nicht mit dem Metall in Berührung ist und wo also die Adhäsion der Flüssigkeit noch einen Theil ihres Einflusses ausüben kann. Diefs scheinen auch die Versuche zu beweisen, von denen ich Rechenschaft geben werde und deren Resultate in dieser Beziehung von denen abweichen, die Hr. Gay-Lussac erhalten zu haben scheint. Während nämlich nach diesem Gelehrten die Anwesenheit von Metallfeilicht in einem Glasballon die Temperatur des siedenden Wassers auf $100^{\circ},4$ zurückführen würde, geben meine Versuche $100^{\circ},4$ als niedrigste Temperatur, bei welcher dieses Sieden stattfinden kann, was für eine metallische Substanz man auch in die Flüssigkeit schütte¹⁾.

Wenn es schwierig scheint anzunehmen, daß die Einschüttung von Metallfeilicht in einen Glasballon den Siedpunkt des Wassers auf denjenigen herabbringen könne,

1) Ich muß hier bemerken, daß ich bei allen meinen Versuchen mit Feilicht von Eisen oder Zink dasselbe so grob nahm, daß es das Mittel hielt zwischen eigentlichem Feilicht und Hammerschlag. Später, nach der Lesung dieses Aufsatzes, ist es mir mit Anwendung von sehr feinem Feisel gelungen, Wasser in einem Glaskolben bei einer Temperatur zu sieden, die nur um einige Hundertel eines Grades den Siedpunkt in einem Metallgefäße überstieg. Ich habe mich übrigens überzeugt, wie man weiterhin sehen wird, daß in diesem Falle die Molecular-Adhäsion nicht die einzige Kraft ist, die da wirkt. Der Einfluß der zahlreichen Spitzen, welche das Feisel im Zustande großer Zertheilung darbietet, spielt auch eine bedeutende Rolle in der Erzeugung des Phänomens; jede Spitze wird eine Art Mittel- oder Brennpunkt, von dem aus unzählige Dampfblasen aufsteigen.

der in einem metallenen Gefäße stattfindet, was soll man dann zu dem Fall denken, wo man in den Ballon eine Substanz bringt, die zum Wasser eine noch weit geringere Adhäsion als das Eisen hat? darf man nicht dann eine neue Senkung des Siedpunkts erwarten? Und wenn die ganze Innenwand des Ballons mit einer solchen Substanz bekleidet wäre, müßte man dann nicht annehmen, daß in demselben das Wasser sogar bei einer niederen Temperatur als in einem Metallgefäße zum Sieden käme? Und wirklich geschieht dies auch, wie ich leicht durch den Versuch nachgewiesen habe.

Ich wählte zu dem Ende einen Glaskolben, in welchem das Sieden des Wassers bei $101^{\circ},2$ stattfand; ich schüttete eine geringe Menge von Schwefelblumen hinein, einer Substanz von äußerst schwacher Molecular-Adhäsion zum Wasser, und schmolz dieselbe so, daß sie den Boden und einen Theil der Wände des Ballons in Tröpfchen überzog. Als ich darauf destillirtes Wasser in diesem Ballon erhitzte, bemerkte ich, daß es bei $99^{\circ},85$, d. h. $0,15$ eines Grades niedriger als in einem Eisengefäße, ins Sieden gerieth. Wenn man die Innenwand des Ballons, statt mit zerstreuten Schwefeltröpfchen zu bekleiden, gleichförmig mit einer dünnen Schicht von Gummilak überzieht, so ist die Senkung der Temperatur des siedenden Wassers noch bedeutender. Das Sieden geschieht nämlich bei $99^{\circ},7$, d. $0^{\circ},3$ niedriger als in einem Metallgefäße. Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man das Innere eines eisernen oder kupfernen Gefäßes mit einer zusammenhängenden Schicht Gummilack überzieht; in diesem Fall wird der Siedpunkt in einem Metallgefäße auf etwa $99^{\circ},8$ herabgesetzt ¹⁾. Man war

- 1) Im Allgemeinen schien mir in diesem Fall das Sieden in einem Glasgefäße etwa um $0,1$ Grad niedriger stattzufinden, als in einem Metallgefäße. Ich leite diesen Unterschied davon ab, daß die Gummilack-Schicht leichter und vollständiger am Glase als am Metall haftet, sich auch weniger leicht bei Erwärmung davon ablöst.

demnach im Irrthum, wenn man bisher, wie es scheint, annahm, daß, für einen gegebenen Barometerstand, der Siedpunkt des Wassers in einem Metallgefäße der möglichst niedrigste sey, vielmehr kann diese Temperatur in gewissen Fällen noch um $0^{\circ},3$ sinken.

Ist man gleich zu der Annahme geführt, daß der Siedpunkt einer Flüssigkeit veränderlich ist nach der größeren oder geringeren Adhäsion ihrer Theilchen zu der Wandung des Gefäßes oder den Substanzen, mit welchen diese in Berührung steht, so scheint es doch anders zu seyn mit der Temperatur des Dampfes, der während des Siedens aus dieser Flüssigkeit aufsteigt. In der That wird, um die Adhäsion der Theilchen einer Flüssigkeit zu den Wänden des Gefäßes zu überwinden, keine Kraft mehr erfordert, sobald diese Flüssigkeit in elastischen Dampf verwandelt worden ist, da dieser nicht mehr in molecularem Contact mit dem Gefäße steht, also eine von dessen Natur unabhängige Temperatur haben muß. Die Temperatur dieses Dampfes wird also nur vom Druck der Atmosphäre abhängen, oder, anders gesagt, muß, für den Fall mit destillirtem Wasser, immer 100 Grad betragen, was auch die Temperatur der siedenden Flüssigkeit seyn mag.

Diese Ansicht, die mir die natürlichste Folgerung aus der Erklärung des von Hrn. Gay-Lussac beobachteten Phänomens zu seyn scheint, ist indeß nicht allgemein angenommen. In der That, befragt man die verbreitetsten physikalischen Werke, so findet man, daß sie alle behaupten, die Temperatur des siedenden Wassers an seiner Oberfläche sey genau dieselbe, wie die des daraus entweichenden Dampfes, und zwar ohne deutlich anzugeben, daß die Natur der angewendeten Gefäße die Genauigkeit dieser Behauptung irgendwie abändern könne. Auf diese Thatsache sich stützend, hat man es bequem gefunden, zur Bestimmung des Siedpunkts, bei der Graduirung eines Thermometers, das Instrument lieber in

Wasserdampf von 100° als in siedendes Wasser zu tauchen. Man weiß nämlich, daß man, um wirklich die Temperatur einer siedenden Flüssigkeit in der Nähe ihrer Oberfläche zu erhalten, kein anderes Hülfsmittel hat, als das Thermometer horizontal darin einzulegen, so daß es ganz in die Temperatur getaucht sey, die man ihm geben will. Diese Bedingung, welche unumgänglich ist, wenn man den Siedpunkt mit einer gewissen Genauigkeit bestimmen will, vermehrt natürlich die Schwierigkeit der Beobachtung. Auch haben die Physiker nicht gesäumt, aus der vorausgesetzten Gleichheit der Temperatur des siedenden Wassers an seiner Oberfläche und der des daraus aufsteigenden Dampfs den Nutzen zu ziehen, daß sie sich bei der Bestimmung des Siedpunkts begnügten, das Thermometer in den Dampf des in einem Metallgefäß zum Sieden gebrachten Wassers zu bringen, lieber als in die siedende Flüssigkeit selbst.

Allein wenn diese, ich glaube, allgemein angenommene Graduirungsweise vollkommen genaue Thermometer liefern soll, ist es unerläßlich, daß die vollkommene Einerleiheit der Temperatur des siedenden Wassers und des daraus entspringenden Dampfs außer allem Zweifel gesetzt werde, wenigstens für den Fall mit einem Metallgefäß. Dem scheint aber die Theorie auf den ersten Blick zuwider zu seyn, weil die Molecular-Adhäsion der Flüssigkeit zu den Wänden eines Metallgefäßes zwar geringer ist als zu einem Glasgefäß, doch aber lange nicht vollständig Null. Diese Adhäsion muß also, selbst bei einem Metallgefäß, bis zu einem gewissen Grade zur Verzögerung des Siedens der Flüssigkeit beitragen und deren Temperatur etwas höher machen als die ihres Dampfs. Theoretisch scheint mir, müßte, damit die siedende Flüssigkeit und ihr Dampf von gleicher Temperatur seyn könnten, sich denken lassen, ein gegebenes Volum von Flüssigkeit schwebte frei in der Atmosphäre oder sey wenig-

stens in einem Gefäße befindlich, zu deren Wänden sie keine merkliche Adhäsion habe. Die Versuche, von denen ich berichten werde, wurden in der Hoffnung unternommen, das besagte Phänomen einigermaßen aufzuklären.

Ich achtete sorgfältig auf alle Vorsichtsmaafsregeln, die von den mit diesem Gegenstand beschäftigt gewesenen Physikern angezeigt sind, um mich so viel wie möglich gegen die verschiedenen, bei Untersuchungen dieser Art nur zu häufigen Fehlerquellen sicher zu stellen. Zu dem Ende bediente ich mich zweier Thermometer, die von dem geschickten Künstler, Hrn. Noblet, in Genf, mit größter Sorgfalt verfertigt waren. Diese Thermometer, obwohl sehr empfindlich, hatten Grade von solcher Gröfse, dafs man mit bloßem Auge Zehntel, und mit der Lupe Drei- und Vierhundertel eines Grades ablesen konnte. Meistens tauchte ich sie ganz in die langhalsigen Kolben, in welchem die Flüssigkeiten dem Versuch unterworfen wurden, um gewifs zu seyn, dafs die gesammte Quecksilbersäule auf die Siedhitze gebracht worden war. Diese Vorsicht wurde indess nicht immer befolgt, wenn es sich blofs darum handelte, die Temperatur einer Flüssigkeit mit der ihres Dampfes zu vergleichen. In diesem Falle reichte es nämlich hin, sich zu versichern, dafs in den beiden vergleichenden Versuchen ein gleiches Stück der Thermometerröhre sich in den Ballon eingeschlossen befand.

Meine ersten Versuche betrafen den Vergleich der Temperatur des in einem Blechcylinder von 8 Zoll Höhe und etwa 1 Zoll Breite siedenden Wassers mit der, des daraus aufsteigenden Dampfs, genommen in der Höhe von etwa einem halben Zoll über der Oberfläche der Flüssigkeit. Das erwähnte Gefäfs, welches oft ein bis zwei Zoll Wasser enthielt, war verschlossen durch einen Propfen, durch welchen das Thermometer ging, und in welchem Längenöffnungen von solcher Gröfse gemacht

waren, daß der Dampf, wie heftig auch das Sieden war, immer frei entweichen konnte. Zehn Versuche hintereinander lieferten folgende Resultate, reducirt auf den Barometerstand von 28 Zoll.

Tafel I.

Versuch No.	Temperatur des im Metallgefäß siedenden	
	Wassers ¹⁾	des Dampfes
1	100°	99°,84
2	100	99°,85
3	100	99°,88
4	100	99°,81
5	100	99°,86
6	100	99°,84
7	100	99°,87
8	100	99°,85
9	100	99°,78
10	100	99°,82
	Mittel 100°	99°,84

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, daß die Temperatur des in einem Metallgefäß siedenden Wassers nicht identisch ist mit der des daraus aufsteigenden Dampfes, vielmehr im Mittel 0°,16 höher als letztere. Dieser Unterschied ist zwar nicht beträchtlich, doch aber merklich genug, daß man sich wundern könnte, wie er den mit diesem Gegenstand beschäftigt gewesenen Physikern entgangen ist. Lange Zeit glaubte ich daher, daß ich selbst in eine Fehler-Quelle gerathen sey, und erst nach einer großen Zahl von Versuchen, die mir beständig das nämliche Resultat gaben, wurde ich meiner Sache gewiß.

Ich habe vorhin bemerkt, daß, um den Wasserdampf und die siedende Flüssigkeit, aus der er sich er-

1) In Gefäßen von verschiedenen Metallen schien mir das Wasser nicht bei vollkommen gleicher Temperatur zu sieden; doch ging der stärkste Unterschied, der nämlich, den ich zwischen einem weißblechnen und einem kupfernen Gefäße bemerkte, nicht über 0,1 Grad. Pogendorff's Annal. Bd. LVII.

hebt, von gleicher Temperatur zu erhalten, diese Flüssigkeit in einem Gefäße, zu dessen Wänden sie durchaus keine Adhäsion hätte, eingeschlossen müßte gedacht werden können. Zu diesem Resultat bin ich gelangt, indem ich das Wasser in einem metallenen oder gläsernen Gefäße sieden ließ, das inwendig mit einer dünnen Schicht Gummilack überzogen war. In diesem Fall verschwand aller Unterschied zwischen der Temperatur des Dampfs und der ihn umgebenden Flüssigkeit vollständig.

Wir haben eben gesehen, daß selbst in einem Metallgefäße zwischen der Temperatur des Dampfs und der ihn erzeugenden Flüssigkeit ein leichter Unterschied vorhanden ist. Dieser Unterschied wird in einem Glasgefäße weit beträchtlicher, ohne Zweifel in Folge der stärkeren Adhäsion des Wassers zu dem Glase. Die folgende Tafel enthält die Resultate eines Vergleichs der Temperatur des in einem Glasgefäße siedenden Wassers mit der seines Dampfs. Das eine Thermometer befand sich in dem Wasser, das andere 0,5 Zoll oberhalb desselben.

Tafel II.	Temperatur	
	des im Glaskolben siedenden	des Dampfs
Versuch No. 1	Wassers	
	101° ,25	99° ,91
2	100 ,90	99 ,88
3	100 ,40	99 ,86
4	101 ,20	99 ,92
5	100 ,85	99 ,88
6	100 ,85	99 ,86
7	101 ,20	99 ,91
8	100 ,25	99 ,90
9	100 ,65	99 ,90
Mittel	100 ,95	99 ,89.

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, daß in einem Glaskolben der Unterschied zwischen der Temperatur des siedenden Wassers und der seines Dampfs im

Durchschnitt $1^{\circ},06$ beträgt, während der Unterschied zwischen der Temperatur des in einem Metall- und Glasgefäße siedenden Wassers im Mittel $0^{\circ},95$ ist. Dieser beträchtliche Unterschied beim Glasgefäße, zwischen der Temperatur des siedenden Wassers und seines Dampfs, erklärt sich, wie wir gesehen haben, durch Wirkung einer molecularen Adhäsion des Wassers zu dem Glase, einer Adhäsion, welche der Art ist, daß sie das Sieden der Flüssigkeit in einem Gefäße verzögern muß, aber keinen Einfluß auf den Dampf derselben ausüben kann. Weniger leicht begreiflich scheint mir der, obwohl äußerst schwache, aber fast nie fehlende Unterschied, den ich in der Temperatur des Dampfs bemerkt habe, wenn die ihn ausgebende Flüssigkeit in einem Metall- oder einem Glasgefäße enthalten ist. Es scheint als müßten beide Dämpfe gleich gut gegen jeden Einfluß der Adhäsion der Flüssigkeit zu den Wänden des Gefäßes geschützt seyn. Wäre vielleicht die Annahme erlaubt, daß, beim Glasgefäße eine schwache Adhäsion des Dampfs der Flüssigkeit zu den Wänden des Gefäßes eine geringe Temperatur-Erhöhung verursachte, oder könnte man es ableiten von der bloßen Erwärmung, herrührend von der Nachbarschaft der siedenden Flüssigkeit, die, wie wir gesehen, in einem Glasgefäße etwa 1° wärmer ist als in einem Metallgefäße.

Es ist noch für die Tafel S. 226 zu bemerken, daß der Siedpunkt des Wassers im Glase merklich von einem Kolben zum andern schwankt, selbst wenn das Glas anscheinend von vollkommen einerlei Beschaffenheit ist¹⁾. Dieser Unterschied betrug im Maximo $0^{\circ},85$; es war nämlich die höchste Temperatur, bei welcher das Sieden in einem Glaskolben stattfand $101^{\circ},25$, die niedrigste in ei-

1) Es waren neue Kolben von dünnem grünem Glase mit langem Halse, wie man sich deren für gewöhnlich bedient, um Flüssigkeiten ins Sieden zu bringen, ohne befürchten zu dürfen, daß die Gefäße springen.

nem Kolben von anscheinend derselben Natur $100^{\circ},4$. Im letzteren Fall geschah das Sieden fast ohne Aufstoßen, fast wie in einem Metallgefäß und die Temperatur der Flüssigkeit blieb während des Siedens fast unverändert. Meistens ist dagegen das Sieden in Glasgefäßen von Stößen begleitet, desto heftigeren, als die Temperatur, bei welcher es stattfindet, höher ist. In den meisten Fällen ist auch der Siedpunkt in einem selben Kolben constanten Schwankungen von $0^{\circ},1$ bis $0^{\circ},25$ unterworfen, und diese Schwankungen sind um so beträchtlicher als das Aufstoßen heftiger ist.

Die folgende Tafel (III) enthält eine Reihe Versuche über die vergleichende Temperatur des in einem Eisen- oder Zink-Hammerschlag enthaltenden Glaskolben siedenden Wassers und des daraus aufsteigenden Dampfes. Man wird bemerken, daß in diesem Fall die Temperatur des Wassers sich der des Dampfes nähert, jedoch entfernter davon bleibt als im Fall eines Metallgefäßes ¹⁾. Auf diese Tafel folgt eine andere (IV) über die vergleichende Temperatur des Dampfes aus siedendem Wasser in einem Metallgefäß und einem Glaskolben mit und ohne Hammerschlag. Man wird bemerken, daß in den beiden letzten Fällen die Temperatur beinahe gleich ist, allein beständig um einige Hundertel (durchschnittlich $0^{\circ},05$) höher als die Temperatur des in einem Metallgefäß gebildeten Dampfes.

- 1) Seit diese Abhandlung unter der Presse ist, habe ich bemerkt, daß wenn man sich statt des Eisenhammerschlags äußerst feinen Eisenfeils bedient, die Temperatur des in einem Glaskolben siedenden Wassers sich ungemein (bis auf einige Hundertel) der Siedetemperatur in einem Metallgefäß nähert.

Versuch	Tafel III Temperatur		Tafel IV Temperatur des Dampfs		
	d. im Glaskolben mit Eisenhammerschlag sied. Wassers	des Dampfs	in einem Metallgefäß	in einem Glasgefäß ohne Eisenhammerschlag	mit Eisenhammerschlag
No. 1	100°,32	99°,89	99°,84	99°,91	99,89
2	100°,25	99°,88	99°,85	99°,88	99,88
3	100°,50	99°,92	99°,88	99°,86	99,92
4	100°,40	99°,90	99°,81	99°,92	99,90
5	100°,48	99°,87	99°,86	99°,88	99,87
6	100°,45	99°,89	99°,87	99°,86	99,89
7	100°,25	99°,87	99°,85	99°,91	99,87
8	100°,40	99°,88	99°,78	99°,90	99,88
9	100°,30	99°,90	99°,82	99°,90	99,90
Mittel	100 261	99,889	99,840	99,891	99,889

Wir sprachen so eben von dem beträchtlichen Temperaturunterschied, der beim Sieden des Wassers in anscheinend vollkommen identischen Glaskolben statthaben kann. Dieser Unterschied, der, wie wir gesehen, bis 0°,85 gehen kann, verschwindet größtentheils nach Einschüttung von etwas Eisenhammerschlag in den Kolben. Man kann aus Tafel III ersehen, daß er alsdann nicht über 0°,23 geht. Endlich ersieht man aus Tafel IV, daß zwischen der Temperatur des Dampfs von einem Versuch zum andern, selbst wenn man sich verschiedener Kolben bedient, kein beträchtlicher Unterschied vorhanden ist.

Nachdem ich den Einfluß der Natur des Gefäßes auf die Siedtemperatur sowohl beim destillirten Wasser als bei dessen Dampf studirt hatte, suchte ich zu ermitteln, ob ähnliche Erscheinungen sich auch beim Sieden anderer Flüssigkeiten zeigen würden. Ich richtete meine Versuche hauptsächlich auf Salzwasser von verschiedenem Salzgehalt und auf Alkohol.

1. *Salzwasser.* Meine ersten Versuche betrafen den Siedpunkt des Salzwassers in Gefäßen von verschiedener Natur. Fünf solcher Versuche gaben im Mittel folgende Resultate:

Siedpunkt des Salzwassers in einem

Salzgehalt	Metallgefäß	Glaskolben	do. mit Eisenhammerschlag
7 Proc.	101°,25	101°,75	101°,45
10 -	101°,70	102°,35	101°,94
25 -	104°,45	105	104°,70

Es scheint demnach, als ändere die Gegenwart des Chlornatriums im Wasser, was die siedende Flüssigkeit betrifft, durchaus nichts an der Natur des Phänomens. Betrachten wir nun den Dampf der Lösung.

Salzgehalt d. Lösung	Temperatur des Dampfs in einem		
	Metallgefäß	Glasgefäß	do. mit Eisenhammerschlag
7 Proc.	101°	101°,10	101°,12
10 -	101°,45	101°,54	101°,50
25 -	104°,20	104°,50	104°,40

Man sieht, es verhält sich mit der vergleichenden Temperatur der Dämpfe eben so. Wie beim destillirten Wasser ist die Temperatur des Dampfs in einem Glaskolben mit und ohne Eisenhammerschlag, beinahe gleich, selbst wenn die der Flüssigkeiten beträchtlich verschieden ist. Beim Salzwasser scheint der Unterschied zwischen der Temperatur der in einem Metallgefäß siedenden Flüssigkeit und der ihres Dampfs um einige Hundertel eines Grades größer als beim destillirten Wasser.

2. *Alkohol*, von 0,810 Dichte, auf gleiche Weise behandelt, lieferte analoge Resultate. Die folgende Tafel ist aus einem Mittel von vier Versuchen abgeleitet.

	Temperatur im Metallgefäß	Glaskolben	do. mit Eisenhammerschlag
d. Flüssigkeit	78°,50	79°,20	78°,75
d. Dampfs	78°,35	78°,40	78°,33

Nachtrag.

(Gelesen in der Gesellschaft am 17. März 1842.)

Wie schon gesagt, hat Hr. Gay-Lussac zuerst beobachtet, daß der Siedpunkt des Wassers verschieden ist nach der Natur des angewandten Gefäßes, nament-

lich dafs er in Metallgefäfsen beständig bei 100° liege, in Glaskolben aber zwischen 101° und $101^{\circ}\frac{1}{4}$ schwanke.

Diese Beobachtung des Herrn Gay-Lussac, obwohl in den meisten Fällen für neue Kolben, wie sie aus der Glashütte hervorgehen, vollkommen gegründet, scheint mir vielen Ausnahmen unterworfen zu seyn, sobald diese Kolben schon gebraucht waren, und besonders, wenn sie gewisse Flüssigkeiten enthielten, von denen wir sogleich reden werden. Ich habe bemerkt, dafs in diesem Falle die Siedtemperatur meistens sehr unsicher wird und nach der Natur der Flüssigkeiten, welche die Kolben enthielten, variirt. Fast immer war sie höher als die von Herrn Gay-Lussac angegebene. Das Verweilen gewisser Flüssigkeit, besonders concentrirter Schwefelsäure, in diesen Kolben reichte hin, die Siedtemperatur noch mehr zu erhöhen und sie manchmal auf 106° zu bringen. Gewisse Prozesse, welche den Zustand der Innenwand des Kolben zu ändern vermögen, und in einigen Fällen die blofse Erhitzung derselben bis 3 oder 400° schienen mir eine analoge Wirkung auszuüben. Gehen wir in das Detail der Versuche.

§ 1. *Wirkung der Schwefelsäure.* — Einer der Glaskolben, die ich zu den Versuchen des ersten Theils meiner Abhandlung mehrmals gebraucht hatte, war zufällig zur Erwärmung von Schwefelsäure bis etwa 150° benutzt worden; nach gehöriger Auswaschung war er bei Seite gestellt. Als ich einige Tage darauf Gelegenheit hatte, mich desselben zur genauen Bestimmung des Siedpunkts vom Wasser zu bedienen, sah ich zu meiner Verwunderung, dafs dieser Punkt, der zuvor bei 101° gefunden worden, jetzt 104° überstieg. Die Einschüttung von etwas Eisenfeilsel brachte ihn auf etwa 100° herab. Der Dampf aus dem Wasser von 103° überstieg nicht merklich (höchstens einige Zehntel Grad) seine gewöhnliche Temperatur 100° .

Nachdem ich besagten Kolben abermals mit grofser

Sorgfalt ausgewaschen, und mich mittelst Chlorbarium versichert hatte, daß das Waschwasser keine Spur von Schwefelsäure mehr enthielt, wiederholte ich obigen Versuch, aber immer mit gleichem Erfolg. Sonach überzeugt, daß die Wirkung nicht von einer im Kolben zurückgebliebenen Spur von Schwefelsäure herrühren konnte, kam mir die Idee, sie möchte wohl das Resultat einer durch die Schwefelsäure bewirkten molecularen Modification der Glasoberfläche seyn, einer Modification, die von der Art wäre, daß sie die Adhäsion der Glastheilchen zum Wasser erhöhe, mithin das Sieden dieser Flüssigkeit verzögere. Um zu sehen, wie weit diese Idee gegründet sey, unternahm ich die folgende Reihe von Versuchen.

Ich nahm einen Glaskolben von dünnem grünem Glase, der offenbar erst aus der Hütte kam und folglich niemals Flüssigkeit enthalten hatte. Die Oberfläche dieses Kolbens war schwach rau und mit kleinen Unebenheiten besetzt, wie dieß bei neuen Kolben dieser Art gewöhnlich der Fall ist. Dieses Ansehen scheint mir theils aus der Beschaffenheit des Glases zu entspringen, theils aus einer Art Firnifs oder unfühlbaren Staubes, der sich meistens zwischen den Theilchen von neuem Glase aufhält, die noch nicht der Reibung fremder Körper ausgesetzt waren, und welcher wenigstens so fest an diesen Theilchen haftet, daß die Wirkung des siedenden Wassers ihn nicht absondert. Nachdem ich den besagten Kolben mehrmals mit heißem Wasser ausgewaschen hatte, schüttete ich destillirtes Wasser hinein und brachte es zum Sieden. Die Temperatur desselben fand sich 101°.

Ich leerte nun den Kolben, füllte ihn sogleich mit concentrirter Schwefelsäure und liefs diese, ohne sie zu erwärmen, einige Stunden darin stehen. Abermals geleert und mit siedendem Wasser gewaschen, bis ich mich der Abwesenheit auch der kleinsten Spur von Schwefelsäure versichert hatte, goß ich destillirtes Wasser in den Kol-

ben und erhitze dieses durch eine Weingeistlampe mit doppeltem Luftzug bis zu der Siedtemperatur. In der Art seines Siedens bemerkte ich zunächst folgende Eigenthümlichkeit:

1) Wenn Wasser in einem gewöhnlichen Glaskolben sich zu erhitzen beginnt, so sieht man im Allgemeinen vom Boden des Kolbens eine große Menge kleiner Luftblasen aufsteigen, von denen man annimmt, sie hätten an der Glasoberfläche gehaftet und entwichen in Folge ihrer Ausdehnung. Diefs hatte ich denn auch in dem besagten Kolben bemerkt, als ich, vor der Einschüttung von Schwefelsäure, Wasser darin erhitze. Im gegenwärtigen Versuch und allemal, wenn Schwefelsäure in dem Ballon verweilt hatte, zeigte sich diese Entwicklung von Luftblasen auffallend verringert; meistens war sie fast un wahrnehmbar.

2) Das Phänomen des *Singens* entsteht bekanntlich daraus, daß sich in der Nähe der Wärmequelle kleine Dampfblasen bilden, die, wenn sie auf Wasserschichten von noch nicht 100° treffen, mit Geräusch zerspringen (éclatent). Diefs Phänomen, das in den gewöhnlichen Fällen bei etwa 85° beginnt, und bis zum Moment des Siedens anhält, war bei dem Kolben, der Schwefelsäure enthalten hatte, kaum zu bemerken, oder höchstens von 95° an.

3) Wenn man Wasser in einem gewöhnlichen Glaskolben zum Sieden bringt, so bleibt das Thermometer, auf etwa 101° angelangt, stillstehen oder schwankt wenigstens nur um einige Zehntelgrad, wie sehr man auch das Feuer verstärke. Sobald das Sieden angefangen hat, sieht man, von allen Punkten der Innenwand des Kolbens kleinere und größere Dampfblasen aufsteigen, mehr oder weniger rasch, je nach der Stärke der Wärmequelle. Erhöht man diese Stärke, so wird bekanntlich das Sieden lebhafter, aber das Thermometer bleibt nichtsdestoweniger auf dem Punkt, auf welchem es zu Anfang des

Siedens stehen blieb. Vermindert man dagegen die Stärke der Wärmequelle, so werden die Blasen weniger groß und erscheinen weniger rasch; allein so lange sie fortfahren zugleich von allen Punkten der Innenwand des Kolbens aufzusteigen, rührt sich das Thermometer nicht, und erst wenn die Bildung der Blasen aufgehört beginnt es zu fallen.

Sehen wir nun, wie die Erscheinung sich macht in einem Kolben, der Schwefelsäure enthielt. Zunächst, wie ich schon bemerkt habe, steigen, wenn das Wasser sich zu erhitzen anfängt, wenig oder keine Luftblasen vom Boden des Kolbens auf. Das Singen, welches in diesem Fall erst zwischen 95° und 100° anfängt, macht bald dem eigentlichen Sieden Platz, welches meistens wie gewöhnlich zwischen 100° und 101° beginnt. Allein dieses Sieden, welches im ersten Augenblick ganz natürlich zu seyn scheint, verlangsamt sich alsbald sichtlich; bald hören die Blasen auf zugleich von der ganzen Oberfläche des Kolbens sich zu erheben; nur eine kleine Anzahl steigt noch von gewissen Stellen des Kolbens auf, immer schwierig und unter Aufstoßen. Sogleich steigt das Thermometer rasch auf 103° und 104° . Vergrößert man die Flamme der Weingeistlampe, so erzwingt man gleichsam die Dampfbildung. Die Zahl der Blasen nimmt zu, aber sie bilden sich schwierig und stoßweise. Bei jedem Aufstoßen des Dampfs sinkt das Thermometer plötzlich um einige Zehntelgrade, um sogleich, so wie der Dampf entwichen ist, wieder zu steigen. Verringert man in diesem Augenblick plötzlich und bedeutend die Intensität der Flamme, so hört das Sieden fast vollständig auf, allein das Thermometer sinkt nicht, sondern steigt rasch auf 105° und häufig gar auf 106° . Auf dieser hohen Temperatur bleibt das Wasser oft mehrere Secunden, ohne daß eine einzige Dampfblase entweicht, und ohne daß sich eins der gewöhnlichen Zeichen des Siedens kund giebt. Verstärkt man abermals die Flamme, so bilden

sich nach kurzer Zeit mit Anstrengung einige grofse Dampfblasen und sogleich sinkt das Thermometer wieder 1° bis 2° , um aufs Neue zu steigen, wenn man die Stärke der Wärmequelle verringert.

Schüttet man, wenn das Thermometer über 105° steht und das Sieden fast gänzlich aufgehoben zu seyn scheint, die kleinste Dosis Eisenfeilicht in den Kolben, so beginnt das Sieden sogleich mit grofser Lebhaftigkeit; jedes Metallkorn wird der Ausgangspunkt unzähliger Dampfblasen und das Thermometer sinkt sogleich auf 100° . Dasselbe geschieht, obwohl in schwächerem Grade, wenn man ein wenig Glaspulver in den Kolben schüttet. Bringt man statt des Feilicht ein Metallstück in das Wasser, schwebend, dafs es den Boden des Gefäfses nicht berührt, so ist die Wirkung weit weniger merklich und das Thermometer sinkt selten unter 103° 1)

Denkt man über das Vorstehende nach, so mufs eine gewisse Art Analogie auffallen zwischen dem eben beschriebenen Phänomen, nach welchem destillirtes Wasser in einem offenen Gefäfs, ohne zu sieden, momentan über 105° haben kann, und demjenigen, wo dasselbe, in gewissen Fällen, sich 5 bis 6 Grad unter Null erkalten läfst, ohne zu gefrieren. Beide entspringen wahrscheinlich aus einem eigenthümlichen Molecularzustand, im ersten Fall, des Glases, im letzten des Wassers, obwohl es nicht erwiesen ist, dafs bei der Verzögerung des Gefrierens die Natur des Glases ohne Einflufs sey. Was beide Erscheinungen noch gemein haben und sie auf einander zu beziehen scheint, ist: dafs so wie es viele Uebung und grofse Vorsicht in der Manipulation erfordert, das Wasser bei -5° oder -6° flüssig zu erhalten, man auch nicht auf dem ersten Wurf dahin gelangt, das Wasser 5 bis 6° über seinem Siedpunkt flüssig und unver-

1) In keinem Fall, selbst nicht wenn die Flüssigkeit über 105° zeigt, übersteigt die Temperatur des Dampfes, einen halben Zoll über der Wasserfläche genommen, nicht 100° und einige Zehntel.

gaset zu bekommen. Lange Zeit glaubte ich, 104° oder $104^{\circ},5$ sey das möglichst erreichbare Maximum der Temperatur, und erst nach einer grossen Zahl von Versuchen, bei welchen ich die Flamme der Weingeistlampe abwechselnd vergrösserte und verkleinerte, um die Dampfbildung bald zu verstärken, bald zu schwächen, gelang es mir in gewissen Fällen eine Temperatur von 106° zu erreichen¹⁾.

Es war natürlich zu untersuchen, ob das obige Phänomen blofs dem Wasser eigen sey oder auch andern Flüssigkeiten zukomme. Ich wählte zu dem Ende Alkohol von 0,810 Dichte, welcher in einem Kolben von neuem Glase bei $79^{\circ},5$, ins Sieden kam. Nachdem dieser Kolben wie der frühere mit Schwefelsäure behandelt worden war, zeigte das Thermometer in dem siedenden Alkohol $82^{\circ},5$. Der Dampf behielt seine frühere Temperatur 79° . Schüttete man in den siedenden Alkohol etwas Eisenfeilicht, so sank die Temperatur sogleich auf 79° . Aus diesem Versuche sieht man, dafs durch den Aufenthalt der Schwefelsäure in dem Ballon der Siedpunkt des Alkohols erhöht wird, wie der des Wassers.

§ 2. *Einfluss der Beschaffenheit des Glases.* — Die Verzögerung des Wassersiedens in einem Glasgefäfs in Folge der Einwirkung der Schwefelsäure ist auffallender, wenn man sich sehr dünner Kolben von grünem Glase bedient als in jedem anderen Fall. In der That geschieht es in diesen Kolben, deren Oberfläche fast beständig weniger glänzend und mehr mit kleinen Uneben-

1) Seitdem ich der Gesellschaft diese Note übergab, wiederholte ich mit Hrn. Dr. Colladon diesen Versuch, wobei ich den Kolben mit destillirtem Wasser in einem Oelbade langsam bis zu einer dem Siedpunkt nahen Temperatur erhitze. Man erhält in diesem Fall dieselben Resultate wie über der Weingeistlampe, und sie sind vielleicht noch auffallender dadurch, dafs der Gang des Thermometers regelmäfsiger ist. Es steigt nämlich meistens allmählig und ohne Stöße bis 105° , ohne dafs es nöthig wäre, die Vorsichtsmaafsregeln zu nehmen, die ich bei Anwendung einer Weingeistlampe angab.

heiten besetzt erscheint als bei Kolben von weißem Glase, daß das destillierte Wasser zuweilen bei der Temperatur $100^{\circ},1$ siedet, d. h. $0^{\circ},1$ höher als in einem Metallgefäß; und dennoch, wenn sie mit Schwefelsäure behandelt waren, sah ich die Temperatur bis 106° steigen, so daß man also in einem und demselben Ballon, je nachdem er neu ist oder Schwefelsäure einschloß ¹⁾, einen Unterschied von fast 6° in der Siedtemperatur des Wassers hat ²⁾).

Kolben von weißem Glase, vor allem von dickem, scheinen, selbst wenn sie neu sind, die Eigenschaften schon einigermaßen zu besitzen, welche Kolben von dünnem grünen Glase durch Behandlung mit Schwefelsäure erlangen. In Kolben von weißem Glase, wie dünn sie auch waren, habe ich nämlich nie das Sieden unter 101° stattfinden gesehen, und wie wenig dicker sie auch sind, so geschieht dasselbe nur oberhalb dieser Temperatur. In einem Kolben von weißem Pariser Glase, von fast einem Millimeter Dicke, stieg das Thermometer bis 103° und selbst bei dieser Temperatur geschah die Dampfbildung nur langsam und stofsweise. Die Einschüttung einer kleinen Menge Eisenfeilicht in den Ballon veränderte sogleich die Natur des Siedens indem sie zu einer überreichen Entwicklung von Dampfblasen Anlaß gab und die Temperatur der Flüssigkeit auf etwa 100° herabbrachte. Das geschah übrigens beständig, was für einen Kolben man anwendete und welche Temperatur auch das Thermometer erreicht hatte.

- 1) Der Versuch gelingt oft besser, wenn man sich, statt eigentlicher Ballone, Kolben von grünem dünnem Glase bedient. Man verstärkt auch zuweilen die Wirkung, wenn man die Schwefelsäure in dem Ballon erhitzt; indeß schien mir diese Vorsicht meistens überflüssig, sobald nur die Säure sehr concentrirt war.
- 2) Ich bemerke hier ein für alle Mal, und diese Bemerkung gilt für alle vorhergehenden Versuche ebenfalls, daß ich *Siedtemperatur* den höchsten Punkt nenne, den das in der Flüssigkeit befindliche Thermometer während des Siedens erreicht.

Der erwähnte Kolben von weißem Glase wurde wie die früheren mit Schwefelsäure behandelt und nach gehöriger Auswaschung aufs Neue mit Wasser gefüllt, das man zur Siedtemperatur brachte. Diesmal, wie früher bei den Kolben aus dünnem grünem Glase, stieg das Thermometer zuletzt über 105° ; das Sieden geschah schwierig, unter Aufstossen, und bot überdies genau dieselben Erscheinungen dar wie vorhin.

§ 3. *Wirkung des Kali.* — In einen Kolben von grünem Glase, der zuvor mit Schwefelsäure behandelt worden und bei welchem das Sieden erst bei 105° geschah, brachte ich eine concentrirte Lösung von ätzendem Kali und liefs sie einige Stunden darin stehen. Nachdem der Kolben wieder geleert und gehörig ausgewaschen worden, zeigte mir ein anderer Versuch, dafs sich der Siedpunkt nicht geändert hatte, noch auf etwa 105° lag.

Ich nahm nun einen anderen Kolben, von dünnem Glase, wie der vorige, aber noch nie gebraucht. Das Wasser siedete darin bei 101° . Ich liefs eine sehr heifse und concentrirte Kalilösung einige Zeit darin stehen, dann gofs ich sie aus, wusch den Ballon gehörig, und schüttete abermals destillirtes Wasser hinein. Es siedete bei ungefähr 103° . Das Sieden bot übrigens dieselben Erscheinungen, nur in etwas geringerem Grade dar, wie in den mit Schwefelsäure behandelten Kolben.

Die angeführten Versuche waren im Allgemeinen der Art, dafs sie in mir die Idee bestätigten, die Unterschiede in der Siedtemperatur entspringen aus einer durch die Schwefelsäure bewirkten leichten Abänderung des physischen Gefüges des Glases oder vielleicht Zerstörung des auf dem Glase sitzenden Staubes. In der That, wenn man annimmt, dafs die Molecular-Adhäsion des Wassers zu dem Glase desto stärker seyn mufs als diese Substanz reiner ist, so folgt natürlich, dafs die von Glaskolben veranlafste Verzögerung im Sieden des Wassers desto

hervortretender seyn muß als der Kolben, dessen man sich bedient, von reinerem Glase und vollständiger von jeder fremden Substanz befreit ist. Sonach müßte die bloße Gegenwart eines stark am Glase haftenden Staubes oder jene Art kaum sichtbaren Firnisses, den man oft auf noch ungebrauchten Kolben von dünnem grünem Glase bemerkt, schon bis zu einem gewissen Punkt die Adhäsion des Wassers zum Glase schwächen, folglich das Sieden beschleunigen; und wirklich haben wir dies immer beobachtet, wenn wir uns eines neuen Kolben bedienen, der, wie sauber er auch erschien, doch immer mehr oder weniger anhaftenden Staub darbot. Zuweilen haben wir sogar bemerkt, daß dieser Firnis oder Staub nicht bloß an der Oberfläche haftet, sondern gleichsam in der Masse, zwischen den Glastheilchen sich befindet. In diesem Fall kann es geschehen, daß die Adhäsion des Glases zum Wasser dermaassen verringert ist, daß die durch die Adhäsion bewirkte Verzögerung des Siedens fast Null wird. So haben wir zwei Mal gesehen, daß das Sieden in einem Glasgefäße bis auf $0^{\circ},1$ bei derselben Temperatur wie in einem Metallgefäße geschah. Wenn man unter diesen Umständen den Kolben stark mit Wasser und Papier ausspült, so giebt man ihm einen Theil seiner adhäsiven Eigenschaften wieder. Das nasse Papier besitzt nämlich in eigenthümlicher Weise, wie es alle Chemiker wissen, die Eigenschaft, dem Glase jene Art unfühlbaren Staubes zu nehmen, auf welchen Wasser, selbst siedendes, ohne allen Einfluß ist. Auch ist es mir durch diese einfache Operation immer geglückt, den Zustand der Oberfläche neuer Glaskolben so zu verändern, daß der Siedpunkt des Wassers um zwei, zuweilen drei Grad erhöht, nämlich von 100° auf 103° und in einigen seltenen Fällen selbst auf 104° gebracht ward. Nun begreift man, daß nasses Papier in reinigender Beziehung mit Vortheil durch Schwefelsäure ersetzt werden kann, und daß gewisse Theilchen fremder Stoffe, die un-

geachtet der Wirkung des nassen Papiers am Glase haften blieben, sich durch die concentrirte Schwefelsäure lösen und fortnehmen lassen. Daher: neue Reinigung des Glases, Erhöhung seiner Adhäsion zum Wasser, und folglich neue Hemmung im Sieden dieser Flüssigkeit, das, in diesem Fall, bis 105° oder 106° verzögert werden kann. So weit man aus dem Resultat eines einzigen mit Sorgfalt angestellten Versuches urtheilen kann, habe ich auch geglaubt wahrzunehmen, dafs die blofse Erhitzung eines neuen Glaskolbens bis nahe zur Rothgluth dieselbe Wirkung hat wie die Schwefelsäure; wenigstens ist es mir durch diesen Prozeß geglückt, das Sieden bis $105^{\circ},5$ zu erhöhen. Vielleicht ist diese sehr hohe Temperatur hinreichend, die etwa am Glase haftenden fremden Stoffe zu verflüchtigen oder zu zerstören, vielleicht auch den Molecularzustand des Glases selbst bis zu einem gewissen Punkt abzuändern. Neue Untersuchungen werden hoffentlich diese Frage aufklären.

Die Folgerungen, die ich aus dieser sehr unvollständigen Arbeit glaube ziehen zu können, sind folgende:

1) Die Siedtemperatur des Wassers in Glaskolben schwankt zwischen $100^{\circ},3$ und 102° , je nach Umständen, und besonders nach der Beschaffenheit des angewandten Glases. In allen Fällen bleibt die Temperatur des aus diesem Wasser aufsteigenden Dampfs beinahe gleich und beständig einige Hundertelgrade unter der Temperatur des in einem Metallgefäfs siedenden Wassers.

2) Von welcher Natur auch das angewandte Gefäfs sey, so ist die Temperatur des Dampfs beständig niedriger als die der siedenden Flüssigkeit, welche ihn hergiebt. Wendet man Glasgefäße an, so beträgt dieser Unterschied durchschnittlich $1^{\circ},06$, bedient man sich Metallgefäße, so schwankt er von $0^{\circ},15$ bis $0^{\circ},20$. Es giebt hievon nur eine Ausnahme, die, wo das Gefäfs, sey es von Glas oder Metall, mit einer dünnen Schicht von Schwefel, Schellack oder irgend einer anderen, keine merk-

merkliche Adhäsion zum Wasser habenden Substanz überzogen ist. Nur in diesem Fall ist die Temperatur des Dampfs identisch dieselbe, wie die seiner Flüssigkeit.

3) Gegen die allgemein angenommene Meinung glaube ich bewiesen zu haben, dass, unter einem gegebenen atmosphärischen Druck, die Temperatur des siedenden Wassers in einem Metallgefäß nicht die niedrigste ist. Wir haben nämlich gesehen, dass in einem Glaskolben, überzogen mit einer dünnen Schicht von Schwefel, Schellack oder irgend einer ähnlichen Substanz, diese Temperatur um einige Zehntelgrade niedriger ist als in einem Metallgefäß.

4) In Gefäßen aus vollkommen reinem oder von jeder fremdartigen Substanz gesäuberten Glase können Wasser und Alkohol auf eine merklich höhere Temperatur gebracht werden, als man bisher geglaubt, ohne dass das Thermometer jenen stationären Punkt erreicht, der das Sieden charakterisirt. Insbesondere kann man in diesem Fall *nicht-siedendes* Wasser über 105° erhalten. Wenn dem in den meisten Fällen nicht so ist, so rührt dieß davon her, dass ein neues und scheinbar vollkommen glänzendes Glas fast beständig fremdartige Theile stark anhaftend enthält, die sich durch verschiedene, theils mechanische, theils chemische Processe, namentlich durch Wirkung concentrirter Schwefelsäure, fortschaffen lassen.

IV. *Beitrag zur Theorie der magnetischen Maschinen; von M. Lenz.*

(Aus dem *Bullet.* der St. Petersburger Academie, T. IX p. 78.)

Bereits seit mehreren Jahren sind die magnetischen Maschinen Pixii's, Saxton's, Clarke's, Baumgartner's und Anderer bekannt und in häufigem Gebrauch; man

bringt durch sie bekanntlich alle diejenigen Wirkungen hervor, die man sonst nur an der galvanischen Kette kannte, und dieses durch bloße magnetische Induction einer Spirale durch einen Hufeisenmagnet. Ich habe indessen bisher nicht gefunden, daß ihre Theorie irgendwo vollständig auseinandergesetzt worden wäre, so daß die Mechaniker den vortheilhaftesten Durchmesser der anzuwendenden Drähte auch jetzt noch durch bloßes Probiren oder nach früheren gut wirkenden Modellen bestimmen. Es ist meine Absicht, in nachfolgender Note diese Lücke in unseren physikalischen Lehrbüchern auszufüllen, wie ich solches mündlich bereits seit einigen Jahren in meinen Vorlesungen zu thun gewohnt bin. Ich gehe dabei, um die Begriffe zu fixiren, von der Maschine Clarke's aus, weil ich diese aus eigenem häufigen Gebrauch kenne, und sie daher zur experimentellen Bestätigung der in dem Folgenden entwickelten Principien und Formeln benutzen kann; übrigens steht der Anwendung dieser Formeln auf jede andere Maschine der Art nicht das geringste Hinderniß entgegen.

In der Clarke'schen Maschine steht der Hufeisenmagnet aufrecht, mit seinen beiden Schenkeln nach unten gerichtet; der Anker ist ein Eisenparallelepipedon, an dessen Enden zwei Eisencylinder senkrecht aufgeschraubt worden sind; diese Eisencylinder sind mit *elektromotorischen* Spiralen umwunden. Der Anker dreht sich um eine horizontale Axe seitwärts vor den Enden der Schenkel des Hufeisenmagnets, an denen die beiden Eisencylinder, die so weit auseinanderstehen als Schenkel des Hufeisenmagnets beim Drehen dicht vorübergehen. Fig. 8 Taf. I zeigt das Eisenparallelepipedon *CH*, wie es sich vor den Polen des Hufeisenmagneten *N* und *S* befindet, *EK* und *LD* sind die Durchmesser der Eisencylinder, *DG* und *EF* stellen die Räume dar, in welchen sich die Schichten von Drahtwindungen befinden, welche die Eisencylinder umgeben.

In der in der Figur angegebenen Stellung des Ankers wird er durch Einwirkung des Magneten am stärksten magnetisirt; wird er dann um 90° gedreht, so ist der Magnetismus des Ankers 0. Ueber 90° hinaus wird der entgegengesetzte Magnetismus im Anker, gegen den früheren, hervorgerufen; bei 180° Drehung erreicht dieses seine größte Stärke, wird bei 270° wieder 0 und geht dann wieder in den früheren über. Es ist leicht zu sehen, daß dadurch in den umgebenden Spiralen, während einer ganzen Umdrehung des Ankers von 0° bis 180° , ein inducirter Strom in der einen Richtung, von 180° bis 360° aber in entgegengesetzter Richtung hervorgerufen wird; denn bei der Drehung von 0° bis 90° verliert der Anker *einen gewissen* Magnetismus, von 90° bis 180° dagegen *gewinnt* derselbe den *entgegengesetzten*, in beiden Fällen hat aber der inducirte Strom nach den bekannten Regeln der Induction dieselbe Richtung. Von 180° bis 360° Drehung aber gilt dasselbe Raisonement, nur ist der Strom für diese Drehung der entgegengesetzte vom früheren.

Die *Stärke* des Stroms für die verschiedenen Lagen des Ankers beim Drehen desselben wird keineswegs constant seyn, sondern offenbar davon abhängen, an welcher Stelle, nicht der *Magnetismus*, sondern die *Veränderungen* des Magnetismus im Anker am größten sind. Ich habe die Größe der Aenderungen dadurch ermittelt, daß ich den Anker an verschiedenen Stellen um dieselbe Anzahl Grade drehte und den inducirten Strom an einem Nobili'schen Multiplicator maß; bei diesen Versuchen fand ich die Aenderungen des Magnetismus bei weitem am stärksten bei den verticalen Stellungen des Ankers, wo sein Magnetismus 0 wird. Dasselbe hat Clark e bei der Construction seiner Maschine durch Abprobiren gefunden, und sehr gut zu benutzen gewußt bei Construction seines Stromunterbrechers (*break*), welcher zuvörderst dazu dient, den magneto-elektrischen

Funken zu zeigen; zur Hervorbringung desselben muß natürlich die Drahtkette im Augenblick des durch sie hindurchgehenden Stroms geöffnet werden. Bei welcher Stellung des Ankers muß aber die Unterbrechung stattfinden, damit der Funken am brillantesten sich zeige? Offenbar da, wo der Strom am stärksten ist, d. h. bei verticaler Stellung des Ankers, und in der That ist der Stromunterbrecher Clarke's so eingestellt, daß die Unterbrechung in diesem Momente stattfindet.

Allein der Stromunterbrecher ist nicht nur beim Funkenenerzeugen wesentlich, sondern auch bei allen übrigen Phänomenen des magneto-elektrischen Stroms, z. B. beim Drahtglühen, Wasserersetzen, beim Erschüttern der Nerven etc. Alle diese Erscheinungen erfolgen am stärksten, nicht wenn man den Strom ohne Unterbrechung durch den eingeschalteten Apparat hindurchgehen läßt, sondern wenn der Stromunterbrecher wie beim Funkenziehen angebracht wird, und man den andern Apparat, auf den gewirkt werden soll, mit dem „break“ zugleich als Nebenschließung einschaltet, wie solches schon Clarke überall anrath. Diese sehr merklich stärkere Einwirkung bei Anwendung der Anker ist eine Folge des *secundären* Stroms, der durch den primär inducirten Strom im Augenblick seines Aufhörens inducirt wird, und dann durch die Nebenschließung des „break“, in welcher der zu untersuchende Apparat eingeschaltet ist, seinen Weg findet, und zwar in der Richtung des primären Stroms im Augenblick seines Verschwindens. Wenn dann durch rasches Drehen des Ankers diese verstärkten Wirkungen sich schnell hinter einander wiederholen, so erreicht die Einwirkung dieser Ströme eine solche Kraft, wie sie ohne den Stromunterbrecher und ohne Benutzung des secundären Stroms, niemals erreicht werden konnte ¹⁾.

1) Es ist beim Gebrauch der Clarke'schen Maschine daher wohl darauf zu sehen, daß beim Stromunterbrecher der federnde Draht, wenn er von dem vorragenden Theil des „break“ abspringt, nicht mit dem

Die wichtigste Aufgabe für die Construction der magnetischen Maschinen ist nun diese: Man will vermittelt der Maschine durch einen gewissen Leiter einen inducirten Strom hindurchleiten; von welcher Art hat man den Draht für die elektromotorischen Spiralen anzuwenden, um die stärkste Wirkung zu erlangen? Zuvörderst ist es klar, daß man den Draht aus möglichst gutleitendem Metall wählen muß, und hier bietet sich das Kupfer als das beste an; es vereinigt eine große Leitungsfähigkeit mit einem nicht bedeutenden Preise, während die weit kostbareren Metalle, Gold und Silber, nur wenig besser leiten. Es werden daher zu solchen Maschinen immer Kupferdrähte angewendet, und ich werde bei den folgenden Untersuchungen immer nur Kupferdrähte im Auge behalten. Es bleibt uns nur noch übrig zu bestimmen, welchen Durchmesser man den Kupferdrähten zu geben hat, um den größten Effect zu erreichen. Hier sind die Bedingungen aber verschieden, je nach der Verbindung der Drähte der Spiralen auf beiden inducirenden Eisencylindern. In der Clarke'schen Maschine sind die Enden A der einen und A' der andern Spirale unter einander verbunden, und eben so die Enden B und B' , so daß der Strom in jeder Spirale entweder von A nach B oder von B nach A läuft. Der Leiter, auf den man wirkt, wird mit einem Ende mit der Verbindungsstelle AA' und mit dem andern mit der Verbindungsstelle BB' verbunden. Der Strom ist also in den elektromotorischen Spiralen in zwei Hälften getheilt, die er *neben einander* durchläuft, in dem *Leiter* aber sind beide Hälften vereint. — In andern Maschinen kann die Verbindung aber eine andere seyn, so daß der Strom beide Spiralen hinter einander durchlaufen muß; es werden also hier B mit A' verbunden seyn, und A mit B' durch

vertieften Theile in Berührung komme; sonst geht der größte Theil des secundären Stroms durch den „break“ und nicht durch den Apparat, durch welchen wir ihn durchleiten wollen.

den Leiter. Wir wollen unsere Aufgabe für beide Fälle lösen.

1) Für die Verbindung der elektromotorischen Spiralen neben einander.

Nehmen wir die Länge jedes der von den Spiralen unwundenen Cylinder $=a$ an, seinen Durchmesser $=b$, die Dicke, die man sämtlichen Drahtschichten geben kann, und die von dem Abstände der Cylinder von einander, so wie von der sonstigen Construction abhängt (in unserer Figur $EF=DG)=c$, den zu bestimmenden Durchmesser des Drahtes $=x$, den Durchmesser des umsponnenen Drahtes $=x+\delta$ an, und setzen wir voraus, daß jeder Cylinder auf ganz gleiche Weise unwunden ist, so ist es zuvörderst leicht, die Länge des ganzen unwundenen Drahts für jeden Cylinder zu berechnen. Es ist nämlich

die Länge ein. Windg. d. 1. Schicht $= (b+[x+\delta])\pi$

- - - - - 2. - $= (b+3[x+\delta])\pi$

- - - - - n. - $= (b+[2n-1][x+\delta])\pi$

folgl. sämtl. Windg. d. 1. Schicht $= (b+[x+\delta])\pi \frac{a}{x+\delta}$

- - - - - 2. - $= (b+3[x+\delta])\pi \frac{a}{x+\delta}$

- - - - - n. - $= (b+[2n-1][x+\delta])\pi \frac{a}{x+\delta}$

Also die Länge des Drahts sämtlicher

Windungen $= (nb+n^2[x+\delta])\pi \frac{a}{x+\delta}$

Allein n ist durch die Dicke des Raums, auf den die Windungen gebracht werden können, und durch den Durchmesser des Drahts bestimmt; wir haben nämlich

$n = \frac{c}{x+\delta}$, folglich ergibt sich die Länge des ganzen Drahts

$$\frac{ac}{(x+\delta)^2} (b+c)\pi.$$

Nehmen wir nun als Einheit der Leitungswiderstände den Widerstand eines Drahts oder Cylinders von Kupfer von der Länge der Einheit des angewandten Maaßes (bei uns 1 Linie englisch) und von demselben Durchmesser an, so ist der Leitungswiderstand L des Drahts auf jedem Cylinder, da er dem Quadrat des Durchmessers des Drahts verkehrt proportional ist:

$$L = \frac{ac(b+c)\pi}{x^2(x+\delta)^2}.$$

Zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft, die in den Spiralen erregt wird, nehme ich die Gesetze, die ich in meiner Abhandlung über diesen Gegenstand zuerst entwickelt habe, zu Hülfe. Ich habe dort erwiesen:

- 1) Dafs die elektromotorische Kraft für alle Drähte dieselbe sey.
- 2) Dafs sie proportional sey der Anzahl von Windungen.
- 3) Dafs sie dieselbe ist für jeden Durchmesser der Windungen.
- 4) Dafs sie dieselbe ist für jeden Durchmesser des Drahtes.

Zwar habe ich später gezeigt, dafs diese Gesetze geringe Modificationen erleiden für die den Enden der Cylinder nahen Windungen (*Bullet. scient. V, p. 18*); allein diese sind an sich unbedeutend, und namentlich bei der Induction, wie sie bei der Clarke'schen Maschine stattfindet, ganz zu vernachlässigen, was aus dem in der angeführten Abhandlung Gesagten zur Genüge erhellen wird. Bezeichnen wir daher die elektromotorische Kraft der Spirale auf einem Cylinder mit A , so haben wir nach obigen Gesetzen, wenn die elektromotorische Kraft, die der Magnetismus in *einer* Windung erzeugt, p heifst:

$$A = p \cdot \frac{c}{x+\delta} \cdot \frac{a}{x+\delta} = p \cdot \frac{ca}{(x+\delta)^2},$$

p hängt ab von der Kraft des Magneten, von der Ge-

stalt, der Anordnung und der Weichheit des Eisens der inducirenden Eisencylinder, bleibt aber für ein und dieselbe Maschine constant, welche Gröfse auch x erhalte.

Um nun die Stärke des Stroms F in dem Leiter, auf welchen man einwirkt, aus A und L nach den Ohmschen Gesetzen zu finden, so ist es zuvörderst klar, dafs er aus zwei gleichen Theilen bestehen mufs, wovon der eine durch den einen, der andere durch den andern Cylinder erregt wird, und wovon jeder also $= \frac{1}{2} F$ ist. Um aber $\frac{1}{2} F$ bestimmen zu können, nehmen wir zwei Gesetze zu Hülfe, die von Ohm und Fechner für hydro- und thermo-, und von mir selbst für magneto-elektrische Ströme bewiesen worden sind (*Bullet. scient. VI, p. 98*). Sie sind die folgenden:

- 1) Wenn ein galvanischer Strom sich zwischen zwei Leitern neben einander theilt, so geschieht es in umgekehrtem Verhältnifs des Leitungswiderstandes.
- 2) Der Leitungswiderstand eines aus zwei neben einander laufenden Leitern bestehenden Drahts oder einer *Parallelschliessung* ist, wenn der Widerstand des einen dieser Parallelschliessung $= l$, des andern $= l'$, ist, $= \frac{ll'}{l+l'}$.

Bedeutet nun in Fig. 9 Taf. I ACB die eine elektromotorische Spirale, $AC'B$ die andere und ADB der Leiter auf den sie wirken, so ist für den in ACB inducirten Strom $AC'B$ und ADB eine Parallelschliessung; wenn in unserer oben angenommenen Einheit ausgedrückt λ der Widerstand des Leiters ADB ist, und L der oben berechnete Widerstand jedes Cylinderdrahts ACB oder $AC'B$, so ist der Leitungswiderstand der Parallelschliessung nach 2):

$$\frac{L\lambda}{L+\lambda}.$$

Der Strom wird also seyn:

$$\frac{A}{L+\lambda} + L = \frac{A(L+\lambda)}{L(2\lambda+L)},$$

von diesem Strom geht aber durch den Leiter λ nach dem Gesetz (1) ein Theil, der ausgedrückt wird durch

$$\frac{A(L+\lambda)}{L(2\lambda+L)} \cdot \frac{L}{L+\lambda} = \frac{A}{2\lambda+L}.$$

Es ist folglich, wenn man für A und L die früher gefundenen Werthe setzt, der durch einen Cylinder in dem Leiter λ erregte Strom:

$$\frac{1}{2}F = \frac{pcax^2}{ac(b+c)\pi + 2\lambda x^2(x+\delta)^2},$$

also der ganze Strom:

$$F = \frac{2pcax^2}{ac\pi(b+c) + 2\lambda x^2(x+\delta)^2} \dots (I)$$

um nun denjenigen Durchmesser zu finden, der den stärksten Strom giebt, bestimme ich x aus der Gleichung:

$$\frac{dF}{dx} = 0$$

und finde daraus folgende Bedingung für x :

$$x^3(x+\delta) = \frac{(b+c)ca\pi}{2\lambda} \dots (II)$$

Aus dieser Formel ergibt sich zuerst, daß der Durchmesser des Drahtes für die vortheilhafteste Wirkung eigentlich für jeden Leiter λ ein anderer seyn muß, und zwar muß der Draht um so dünner genommen werden, je schlechter der Körper leitet, durch den der Strom hindurchgehen soll. Dieses Resultat hat sich den Erfindern dieser Art Maschinen auch sogleich durch bloßes Probiren ergeben, und sie versehen ihre Apparate daher mit mehreren elektromotorischen Spiralen. So hat die Clarke'sche Maschine deren zwei, eine aus sehr dünnem und eine aus dickem Draht angefertigt, um wenigstens den Forderungen für die äußersten Fälle zu genügen.

Wir wollen uns nun zur Fixirung der Begriffe drei Versuche denken, nämlich das *Glühen von Platindraht*,

die *Wasserzersetzung* und die Hervorbringung von *Erschütterungen im Nervensystem*, und für diese Fälle, mit Zugrundlegung der Masse meines Clarke'schen Apparats, die vortheilhafteste Construction der Maschine berechnen. Der erste Versuch bezieht sich auf einen *geringen*, der zweite auf einen *mittleren* und der dritte auf einen *grossen Leitungswiderstand*. Ich habe nämlich für diese drei Fälle für λ , λ' , λ'' folgende Werthe aus besonders dazu angestellten magneto-elektrischen Versuchen gefunden, wo die Einheit, auf die sich die nachfolgenden Zahlen beziehen, unsere oben angenommene ist, nämlich ein Kupfercylinder von 1" Durchmesser und 1" Länge.

- 1) λ oder der Widerstand des Platindrahts mit den ihn haltenden Drähten, im *glühenden Zustande des Platins*, = 37680 ;
- 2) λ' oder der Widerstand des Wasserzersetzungsapparats, der zu dem Clarke'schen Apparate gehört, mit verdünnter Schwefelsäure (4 Proc. dem Volum nach) = 2445600 :
- 3) λ'' oder der Widerstand des menschlichen Körpers, wenn die beiden messingenen Handhaben des Clarke'schen Apparats mit benähesten Händen und mit der ganzen Fläche der Hand gefasst werden = 217326000.

Ferner ergaben sich folgende Gröfsen an meinem Apparate :

$$a = 17\frac{1}{2}'' \text{ engl. Linien,}$$

$$b = 13'' \text{ - - -}$$

$$c = \begin{cases} 5 & \text{für die Spiralen aus dickem Draht,} \\ 4\frac{1}{2} & \text{- - - - - dünnem -} \end{cases}$$

$$\delta = \begin{cases} 0,1 & \text{für den dicken Draht,} \\ 0,05 & \text{- - - dünnen -} \end{cases}$$

Nehme ich für λ und λ' die Werthe $c=3$ und $\delta=0,1$, für λ'' aber $c=4\frac{1}{2}$ und $\delta=0,05$, so bekomme ich aus der Formel (II) folgende Bedingungsgleichungen für die vortheilhaftesten Durchmesser :

$$\begin{aligned} \text{für } \lambda & \quad x^4 + 0,1 \cdot x^3 = 0,1312 \\ \text{für } \lambda' & \quad x^4 + 0,1 \cdot x^3 = 0,0010111 \\ \text{für } \lambda'' & \quad x^4 + 0,05 \cdot x^3 = 0,000005404; \end{aligned}$$

woraus sich ergibt:

$$\begin{aligned} \text{für } \lambda & \quad x = 0'',58; \text{ für } \delta = 0 \text{ hätten wir erhalten } x = 0,596 \\ - \lambda' & \quad x = 0,16 \quad - \quad - \quad - \quad - \quad x = 0,179 \\ - \lambda'' & \quad x = 0,039 \quad - \quad - \quad - \quad - \quad x = 0,0483 \end{aligned}$$

Der dicke Draht hat für meine Maschine den Durchmesser 0'',6, der ganz dünne den Durchmesser 0'',05; der erste ist also vorzüglich gut für die Glühversuche, der letztere nur wenig zu dick für die Erschütterung, und in der That geschieht das Glühen sehr gut bis zum Durchschmelzen des Drahts, und die Erschütterungen sind bei befeuchteten Händen so stark, daß bisher sie Niemand ertragen konnte und ich beim Anstellen der Versuche das Befeuchten der Hände unterlasse.

Für die Wasserersetzung müßte eigentlich eine dritte, mittlere Spirale angefertigt werden, um das Phänomen möglichst stark hervorzubringen, indessen geht sie auch so, und zwar mit beiden Spiralen vor sich.

Würde man $\delta = 0$ annehmen, d. h. würde man die Umspinnung der Drähte vernachlässigen können, so zeigen die oben für diesen Fall angegebenen Werthe für x , daß der Fehler nicht sehr bedeutend wird. In diesem Falle aber vereinfachen sich unsere Formeln auf eine merkwürdige Art. Wir erhalten nämlich für beide Cylinder als Parallelabschließung:

$$L = \frac{ac(b+c)\pi}{2x^4}$$

$$F = \frac{2pcax^2}{ac\pi(b+c) + 2\lambda x^4}$$

und für die vortheilhafteste Bestimmung von x :

$$x^4 = \frac{(b+c)ac\pi}{2\lambda}$$

Für diesen letzten Fall, für die vortheilhafteste Be-

stimmung von x , wird dann durch Substitution des Werthes von x :

$$L = \frac{2ac(b+c)\pi\lambda}{2ac(b+c)\pi} = \lambda \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{und } F = \frac{2pca \sqrt{\frac{(b+c)ac\pi}{2\lambda}}}{ac\pi(b+c) + ac\pi(b+c)} = p \cdot \sqrt{\frac{ac}{2\lambda(b+c)\pi}} \dots (2)$$

Aus dem ersten Werthe (1) ergibt sich, dafs die vortheilhafteste Dicke der elektromotorischen Drähte bei der Einwirkung auf einen Leiter diejenige ist, wo der Widerstand der Spiralen selbst gleich dem Widerstande des Leiters ist, auf den sie einwirken; eine Regel, die bekanntlich auch für alle hydro-elektrischen und thermoelektrischen Apparate gilt, nur müssen wir nicht vergessen, dafs dieses Gesetz hier nur mit der Einschränkung gilt, dafs die Bespinnung der Drähte unbedeutend sey.

Aus der Formel (2) folgt, dafs die Stärke des Stroms bei der vortheilhaftesten Construction der Spiralen, direct dem von der Einwirkung des Magneten auf den Anker abhängenden Coëfficienten p , direct der Quadratwurzel aus der Länge a des bewickelten Cylinders (wohlverstanden, bei unveränderter Länge des Cylinders), umgekehrt proportional der Quadratwurzel des Leitungswiderstandes des Leiters, auf den wir einwirken, sey, und dafs der Strom um so stärker sey, je gröfser die Dicke sämtlicher Windungsschichten c und je kleiner b ist, oder je dichter der Draht dem inducirenden Eisencylinder anliegt.

Es müssen nun noch die Bedingungen festgesetzt werden, bei welchen der Coëfficient p sein Maximum erreicht, d. h. bei welchen der Magnetismus der Eisencylinder innerhalb der elektromotorischen Spiralen am stärksten sey; allein hierüber fehlen uns bis jetzt die Data. Wir wissen nur, dafs der Magnet möglichst stark, das Eisen möglichst weich, und die Dicke des Eisencylinders, so wie ihre Länge, der Stärke und Gestalt des magnetisirenden Magneten angemessen seyn müssen; die besten Verhältnisse in

dieser Hinsicht können bisher aber nur auf experimentellem Wege durch Probiren ermittelt werden.

- 2) Für die Verbindung der elektromotorischen Spirale hinter einander.

Wenn die Drähte der elektromotorischen Spiralen nicht neben einander, sondern hinter einander verbunden werden, so daß der inducirte Strom erst die eine, dann die andere Spirale und endlich den Leiter λ durchlaufen muß, so wird die Herleitung der Formeln noch viel einfacher. In der That ist der Strom dann:

$$F = \frac{2A}{2L + \lambda} = \frac{2pac}{(x + \delta)^2} = \frac{2pacx^2}{2ac(b+c)\pi + x^2(x + \delta)^2\lambda},$$

folglich ergibt sich der vortheilhafteste Durchmesser aus der Gleichung:

$$x^3(x + \delta) = \frac{2ac(b+c)\pi}{\lambda}.$$

Für unsere drei Fälle ergeben sich hiernach die Durchmesser aus den Gleichungen:

für λ $x^4 + 0,1 \cdot x^3 = 0,5248$ also $x = 0,85$

- λ' $x^4 + 0,1 \cdot x^3 = 0,004044$ $x = 0,23$

- λ'' $x^4 + 0,05 \cdot x^3 = 0,000021616$ $x = 0,058$

Für den dritten Fall, wo der Strom durch den menschlichen Körper geht, ist der beste Durchmesser 0,058 noch etwas näher dem wirklichen 0,05, als für die frühere Verbindung der elektromotorischen Spiralen, wo der beste Durchmesser sich $= 0,039$ ergab. Um zu sehen, ob diese Folgerung der Theorie sich in der Erfahrung bestätigt, änderte ich die Verbindung der Drahtenden meiner Clarke'schen Maschine so ab, daß die Drähte hinter einander durch den Strom durchlaufen wurden, und in der That war die Empfindung der Erschütterungen noch heftiger wie früher.

Wenn man auch hier die Umspinnung der Drähte vernachlässigen will, so ergibt sich:

$$L = \frac{2ac(b+c)\pi}{x^4}$$

$$F = \frac{2pacx^2}{2ac(b+c)\pi + x^4\lambda}$$

und die Bedingungsgleichung für den vorteilhaftesten Durchmesser:

$$x^4 = \frac{2ac(b+c)\pi}{\lambda};$$

folglich haben wir wiederum für die vorteilhafteste Construction:

$$\frac{L_n = 2ac(b+c)\pi \cdot \lambda}{2ac(b+c)\pi} = \lambda$$

$$F_n = \frac{2pac \cdot \sqrt{\frac{2ac(b+c)\pi}{\lambda}}}{2ac(b+c)\pi + 2ac(b+c)\pi} = p \cdot \sqrt{\frac{ac}{2\lambda(b+c)\pi}}$$

Also auch hier muß der Widerstand der elektromotorischen Spiralen für die vorteilhafteste Construction des Apparats gleich dem Widerstande des zu durchlaufenden Leiters seyn. — Die Kraft des Stroms in diesem Fall ist aber genau dieselbe, wie bei der Parallelschließung, wie die völlige Identität beider Ausdrücke für F_n beweist. Es ist also einerlei, wie man bei den magneto-elektrischen Maschinen die Verbindungen der Drähte der inducirten Spiralen einrichtet, wenn man nur demgemäß die Dicke der Drähte abändert.

V. *Ueber relative mittlere Atomabstände;*
von G. Karsten und F. Brunnow.

Da man das Atomgewicht der Körper unabhängig von dem specifischen Gewichte derselben bestimmt, so giebt dieß ein Mittel an die Hand, die relativen mittleren Abstände der Atome zu berechnen. Unter mittleren Abständen der Atome verstehen wir die Abstände der Schwerpunkte zweier Atome, wie sie sich im Mittel aus den unendlich vielen, im Allgemeinen verschiedenen Abständen ergeben werden.

Es sey A das Atomgewicht, d das specifische Gewicht, V das Volumen, M die Masse eines Körpers, e die mittlere Entfernung zweier Atome. Nehmen wir der Einfachheit wegen den Körper als einen Würfel an, dessen Seite gleich 1 ist, so werden auf einer Seite $\frac{1}{e}$ Atome kommen, in sofern man 1 gegen die unendliche Zahl $\frac{1}{e}$ vernachlässigen kann. Daraus folgt unmittelbar, daß die Anzahl sämtlicher Atome des Würfels $= \frac{1}{e^3}$ ist. Diese Anzahl multiplicirt mit dem Atomgewichte, wird einen Ausdruck für die Masse des Körpers geben, indem man den constanten Factor für die Schwere auslassen kann, da es sich nur um ein Verhältniß handelt; man erhält also:

$$M = \frac{A}{e^3}.$$

Da die Masse eines Körpers nun auch gleich dem Product aus dem specifischen Gewichte in das Volumen ist, und wir das Volumen gleich 1 gesetzt haben, so folgt $M = d$, und daraus unmittelbar:

$$\frac{A}{e^3} = d ; e = \sqrt[3]{\frac{A}{d}}$$

Berechnet man hiernach die Abstände für die einfachen Gasarten, so erhält man folgende Tabelle:

Gasart.	<i>A.</i>	<i>d.</i>		<i>log e.</i>
Sauerstoff	100,000	1,1026	Berzelius	0,65253
Wasserstoff	6,2398	0,0688	Berzelius	0,65253
Stickstoff	88,518	0,976	Wöhler	0,65253
Chlorgas	221,325	2,440	Wöhler	0,65253
Jodgas	789,750	8,712	Dumas	0,65246
Bromgas	484,153	5,3933	Mitscherlich	0,65253

(Die Atomgewichte sind sämmtlich aus Wöhler's Chemie entnommen.)

Für Schwefel-, Phosphor- und Quecksilbergas erhält man ganz abweichende Resultate, nämlich:

Quecksilber	1265,822	6,976	Dumas	0,75292
Phosphor	196,143	4,580	Mitscherlich	0,54390
Schwefel	201,165	6,617	Dumas	0,49430
		6,649	Mitscherlich	0,49360

Den Grund zu diesen Abweichungen könnte man in verschiedenen Ursachen suchen, z. B. könnte man sagen, daß diese drei Gasarten sich von den vorigen durch die Temperatur unterscheiden, bei der sie beständig werden. Wenn dieß aber richtig seyn sollte, so müßten die Werthe der Abstände in diesen drei Gasarten größer seyn als die oben erhaltenen, was keineswegs der Fall ist, folglich ist diese Annahme zu verwerfen. Oder man könnte die Data angreifen, und mit den Atomgewichten eine einfache Aenderung vornehmen. In der That erhält man auch die früheren Werthe für *e*, wenn man für den Schwefel das dreifache, für den Phosphor das zweifache und für Quecksilber das $\frac{1}{2}$ fache Atomgewicht annimmt:

Queck-

	A.	d.	log e.
Quecksilber	632,911	6,976	0,65258
Phosphor	392,286	4,580	0,64424
Schwefel	{ 603,495	6,617	0,65334
		6,649	0,65264.

Geht man nun zu den aus zwei einfachen Körpern zusammengesetzten Gasarten über, so erhält man folgende Werthe:

Gasart.	A.	d ¹⁾ .	log e.
Kohlenoxydgas	176,437	0,9722 E.	0,75294
Stickstoffoxydgas	188,518	1,0392 E.	0,75288
Chlorwasserstoff	227,6	1,2474 B. A.	0,75372
Bromwasserstoff	595,393	3,282 M.	0,75288
Jodwasserstoff	795,99	4,443 G.L.	0,75107
Cyangan	329,91	1,8064 G.L.	0,75386
Wasser	112,48	0,62349 G. L.	0,75208
Kohlensäure	276,437	1,524 B.	0,75287
Schwefelwasserstoff	213,65	1,191 G. L.	0,75126
Schwefelkohlenstoff	478,767	2,6447 G. L.	0,75258
Oelbildendes Gas	177,83	0,98 E.	0,75292
Stickstoffoxydul	277,036	1,527 E.	0,75290
Ammoniak	107,24	0,5857 Gm.	0,75422
Phosphorwasserstoff	214,874	1,18 E.	0,75343
Kohlenwasserstoff	101,396	0,559 E.	0,75287
Schweflige Säure	401,2	2,2048 Gm.	0,75333
Schwefelsaures Gas	501,160	3,00 M.	0,74095
Salpetrigsaures Gas	477,036	3,1764 G. L.	0,72553
Arsenikwasserstoff	488,85	2,695 D.	0,75287

Vergleicht man die in dieser Tabelle am häufigsten vorkommende Zahl 0,75287 mit der für die einfachen Gase erhaltenen: 0,65253, so sieht man, daß der Unterschied beider $= 0,10034 = \log \sqrt[3]{2}$ ist. Dieser con-

1) Die Buchstaben bei d¹⁾ bedeuten: E. Erdmann's Chemie, B. A. Biot und Arago, M. Mitscherlich, G. L. Gay-Lussac, B. Berzelius, Gm. Gmelin, D. Dumas.

stante Unterschied bei den verschiedenartigsten Zusammensetzungen könnte auf die Vermuthung führen, daß die Atomabstände in allen Gasarten gleich groß wären, und daß der Unterschied in den Formeln

$$\sqrt[3]{\frac{A}{d}} \text{ und } \sqrt[3]{\frac{A}{d} \cdot \frac{1}{2}}$$

durch die Zusammensetzung von zwei Elementen bedingt würde. Vielleicht macht folgende Betrachtungsweise diese Abweichung erklärlich. Gesetzt die Atome der einfachen Gase hätten das doppelte, dreifache . . . n -fache Volumen, so würden wir doch dieselben Werthe für die mittleren Abstände erhalten haben. Wenn wir daher eine Verbindung zweier einfachen Gase betrachten, so können wir uns dies so vorstellen, als ob von jedem eine gleiche Anzahl Atome die Verbindung einging, wenn wir nur die Volumina der Atome verschieden groß denken. Verbinden sich also 5 O mit 2 N zu \ddot{N} , so können wir uns dies so vorstellen, als ob ein Raum, der mit 5fachen O Atomen erfüllt ist, zusammentritt mit einem Raume in dem doppelte N Atome sind. Bei der chemischen Verbindung beider Gasarten wird der neue, von beiden erfüllte Raum zwar häufig nicht so groß seyn wie die Summe der beiden früheren, es ist dies jedoch die einfachste Annahme. Bei der Verbindung zweier einfachen Körper müssen wir also unter der Wurzel mit 2 dividiren, um dieselbe Raumeinheit wie bei den einfachen Gasarten zu Grunde zu legen. Danach erhalten wir für die binären Verbindungen:

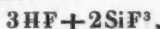
	$\log e$		$\log e$
Kohlenoxydgas	0,65260	Wasser	0,65174
Stickstoffoxyd	0,65254	Kohlensäure	0,65253
Chlorwasserstoff	0,65338	Schwefelwasserst.	0,65092
Bromwasserstoff	0,65254	Schwefelkohlenst.	0,65224
Jodwasserstoff	0,65073	Oelbildendes Gas	0,65258
Cyangas	0,65352	Stickstoffoxydul	0,65256

Ammoniak	0,65388	Schweflige Säure	0,65299
Phosphorwasserst.	0,65309	Schwefelsaur. Gas	0,64061
Kohlenwasserstoff	0,65253	Salpetrigsaur. Gas	0,62519

Arsenikwasserstoff 0,65253.

Merkwürdig ist das analoge Verhalten des Quecksilbers.

Gehen wir zu den aus drei einfachen Körpern zusammengesetzten Gasen über, so findet dieselbe Schlussfolge statt. Betrachtet man z. B. die Formel der Kieselfluorwasserstoffsäure:



so kann man sich dies so vorstellen, als ob ein Volumen mit drei Doppelatomen H sich verbunden hätte mit einem Volumen von Doppelatomen F; diese zwei Volumina haben sich nun mit zwei andern analog gedachten 2SiF^3 vereinigt. Die einfachste Annahme wird hier seyn, daß die neue Verbindung den 4fachen Raum der vier ersten einnehmen wird, und wir müssen daher zur Reduction auf die obige Volumeneinheit unter der Wurzel mit 4 dividiren. Dasselbe gilt bei der Blausäure und beim Alkohol. Für diese drei Gase erhält man folgende Werthe:

	A.	d.	log e.
Kieselfluorwasserstoffsäure	1348,18	3,5735	0,65820
Blausäure	342,39	0,94	0,65311
Alkohol	580,626	1,6133	0,64804

Es scheint hiernach wirklich als wenn in allen Gasarten die Abstände der Mittelpunkte der Atome gleich groß sind, und dies könnte man sich vielleicht auf folgende Weise einfach erklären. Man bedenke, daß die Atome der Gasarten, wenn sie unter keinem Drucke ständen, sich immer weiter von einander entfernen würden. Der atmosphärische Druck ist nun aber die Ursache, weshalb sie bis zu einer gewissen Entfernung von einander zusammengedrückt werden, und da dieser Druck für alle

gasförmigen Körper derselbe ist, so werden die Atome in allen Gasarten gleich weit von einander abstehen.

Nach dem Mariotte'schen Gesetze ist für jede Gasart:

$$\frac{P}{d} = \text{Const.},$$

wo P der Luftdruck, d die Dichtigkeit ist. Setzt man für d den Werth ein, so erhält man:

$$\frac{P \cdot e^3}{A} = \text{Const.} \quad e^3 = \frac{C \cdot A}{P},$$

für eine andere Gasart ist:

$$e'^3 = \frac{C' A'}{P}.$$

Da aber $P \cdot e^3 = P \cdot e'^3$ ist, so hätte man:

$$C A = C' A',$$

d. h. die Constante müßte sich für zwei verschiedene Gasarten umgekehrt wie die Atomgewichte verhalten. Oder für dieselbe Gasart, bei verschiedenem Luftdruck, erhielte man:

$$\frac{C}{P} = \frac{C'}{P'}.$$

d. h. die Constante müßte sich direct wie der Luftdruck verhalten. Diese Untersuchung würde vielleicht zur Prüfung des hier aufgestellten Gesetzes dienen können.

Dafs für flüssige und feste Körper ein gleiches Gesetz nicht stattfinden kann, ist einleuchtend. Jedoch ist bei dem jetzigen Stande der Physik die Ermittlung der Atomabstände der festen Körper sehr interessant, indem man, wegen der Ansicht, welche sich jetzt von der Wärme und selbst schon von der Elektricität bildet, annehmen kann, dafs bei gröfserer Erweiterung und Bestimmung jener Ansicht sich viele Eigenschaften der Körper, z. B. die spezifische Wärme, das Leitungsvermögen u. s. w., als Functionen der Cohäsion ergeben werden. Die Cohäsion wird man aber, wenn man für die Molecularanziehung das Newton'schen Gesetz ebenfalls gelten läfst,

aus der Entfernung der Atome, wenigstens annäherungsweise, berechnen können, vorausgesetzt, daß man die Anzahl der Atome kennt, die in derselben Entfernung um ein Atom herumliegen. Diese Kenntniß haben wir jetzt freilich noch nicht. Bei Körpern indeß, die gleiche Krystallform haben, umgeht man diese Schwierigkeit, indem man hier für die Cohäsion die Attraction zwischen zweien Atomen setzen kann, von der sie nur durch einen, für alle diese Körper gleichen Factor verschieden ist. Berechnet man nun diese Attraction nach der Formel:

$$\frac{A^2}{e^2} = a$$

für gleich krystallisirende Körper, so erhält man folgende Zahlen:

	<i>A.</i>	<i>d.</i>	<i>log e.</i>	<i>log a.</i>
a) Gold	1243,013	19,5	0,60148	4,98598
Silber	1351,607	* 10,4282	0,70421	4,85328
Quecksilber	1265,122	14,39	0,64802	4,90820
Blei	1294,498	* 11,3888	0,68521	4,85378
b) Kupfer	395,695	* 8,721	0,55226	4,09020
Eisen	339,205	* 7,79	0,54631	3,96830
Zink	403,226	* 6,9154	0,58858	4,03394
Nickel	369,675	8,4	0,54785	4,03994
Mangan	345,887	8,013	0,54505	3,98778
Kobalt	368,991	8,6	0,54417	4,04570
c) Bleiglanz	$\frac{1495,662^1)}{2}$	* 7,5052	0,66615	4,41532
Silberglanz	$\frac{1552,772}{2}$	* 6,8501	0,68480	4,41056

(Die mit * bezeichneten *d* sind nach C. J. B. Karsten's Angaben genommen.)

1) Analog dem Verfahren bei Zusammensetzungen von zwei Gasarten mußte hier mit zwei unter der Wurzel dividirt werden, oder was dieselbe Wirkung hat: das halbe Atomgewicht genommen werden.

Es scheint hiernach wirklich, daß die Molecularattraction für isomorphe Körper gleich ist. Eine nähere Untersuchung dieses Gegenstandes gäbe dann vielleicht das längst gehoffte Resultat, daß die Krystallform von der gegenseitigen Anziehung der Atome abhängig ist. Ein Grund, der für die Richtigkeit der Ansicht spricht, ist der, daß wir mit specifischen Gewichtsbestimmungen, die wir aus verschiedenen älteren Tabellen entnehmen, selten übereinstimmende Resultate erhielten, während sich alle ohne Ausnahme verbesserten, wenn wir die neueren specifischen Gewichte von C. J. B. Karsten ¹⁾ nahmen.

VI. *Revision der Atomgewichte.*

1) **Zink.** Durch directe Oxydation, mittelst Salpetersäure, theils eines gewöhnlichen Zinks (bestehend aus 0,003 Kohle, 0,142 Eisen, 0,685 Blei und 99,190 Zink), theils eines reinen, in einem trocknen Wasserstoffstrom destillirten Zinks findet Jacquelin das Atomgewicht = 413,7. Zerlegung des Sulfats durch Rothglühhitze, wobei, nach ihm, reines Zinkoxyd zurückbleibt, gab 413,5 und 414,6. Nach dem Mittel aus diesen vier Versuchen setzt er das Atomgewicht auf 414 (nach Berzelius war es 403,23).

2) **Chlor.** Zerlegung von Kupferoxyd mittelst Chlorwasserstoffgas, Bestimmung der Gewichtszunahme und Auf- fangung des Wassers (Aeq. dasselbe = 112,50 gesetzt) gab Hrn. Marignac das Aeq. des Chlors = 450,013, wonach das des *Silbers* = 1374 und (diese respective zu 450 und 1375 angenommen) das des *Kaliums* = 498,5 (oder rund 500) würde. Laurent bestätigt dagegen das Berzelius'sche Chloratom. (*Compt. rend. T. XIV* p. 636, 570 und 456.)

1) Abhandlung: Ueber die chemische Verbindung der Körper; gelesen in der Academie der Wissenschaften, 22. Dec. 1831.

VII. *Ueber die Anwendung des Boraxglases zur quantitativen Analyse;*

vom Grafen F. Schaffgotsch.

Bei den durch Erhitzen leicht zerlegbaren Verbindungen der Kohlensäure pflegt die Menge der letzteren als Glühverlust gefunden zu werden, während man solche Verbindungen der Kohlensäure, die sich in der Glühhitze schwierig oder gar nicht zersetzen, durch Uebergießen mit einer gewogenen Quantität wässriger Säure analysirt. Hierbei muß aber dem gleichzeitigen Entweichen von Wassergas durch ein Chlorcalciumrohr vorgebeugt werden. Es schien mir weit einfacher, statt der wässrigen Säure eine nicht flüchtige, Feuerflüssige anzuwenden, z. B. Borsäure, welche bekanntlich im Schmelzen die Kohlensäure aus ihren Salzen austreibt. Ich fand jedoch bald, und habe es seitdem durch zahlreiche Versuche bestätigt, daß die geschmolzene Borsäure zur Gewinnung genauer Resultate untauglich ist, da sie bei fortgesetztem Schmelzen über der Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge unaufhörlich an Gewicht abnimmt. So verringerte z. B. ein viermaliges, je 20' dauerndes Umschmelzen 1,8 Grm. wasserfreie Borsäure successive um 4, um $2\frac{1}{2}$, um 3 und 5, im Ganzen also um $14\frac{1}{2}$ Milligrammen. Woher auch dieser Gewichtsverlust rühren mag, so ist klar, daß dadurch die zu ermittelnde Menge der Kohlensäure scheinbar vergrößert werden würde. Auch saures phosphorsaures Natron und zweifach chromsaures Kali, welche ich an der Stelle der Borsäure zu benutzen dachte, lassen sich, bei starker Glühhitze im Platintiegel geschmolzen, nicht auf ein constantes Gewicht bringen. Dagegen entspricht das wasserfreie zweifach borsaure Natron oder Boraxglas allen Anforderungen auf

das Vollständigste. Es ist absolut feuerbeständig, und läßt sich, da es wenig hygroskopisch ist, mit Genauigkeit wägen; außerdem zerlegt es im Schmelzen die kohlen-sauren Salze leicht, und verursacht dabei, wegen seiner Zähflüssigkeit, kein Umherspritzen.

Zwar folgt aus dem Gesagten theoretisch die Anwendbarkeit des Boraxglases zu dem in Rede stehenden Zwecke; doch schien es mir nicht überflüssig dieselbe practisch an kohlen-sauren Salzen von bekannter Zusammensetzung zu bewähren. Das Verfahren war folgendes: Reines, wasserhelles Boraxglas, in der Menge von 2 bis 7 Grm. wurde in einem 18½ Grm. Wasser fassenden Platintiegel über der Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge umgeschmolzen und nach dem Erkalten genau tarirt. Dann schüttete ich eine gewogene Menge des kohlen-sauren Salzes, bald in Pulverform, bald in Stücken, auf die Oberfläche des Boraxglases, und schmolz letzteres, unter vorsichtiger Steigerung der Hitze, bis es ungefähr nach einer Viertelstunde als klares Glas ruhig floß. Die Wägung des erkalteten Tiegels gab die Menge der Kohlensäure als Verlust. Wiederholtes Schmelzen liefs in allen Fällen das frühere Gewicht unverändert. Die nachstehende Uebersicht zeigt die Uebereinstimmung der erhaltenen Resultate mit der Rechnung, wobei ich bemerke, dafs letztere sich auf $C=75,85$ gründet.

Carbonate..	Gewicht in Grammen.	Verlust in Grammen.	Verlust in Proc.	Rechnung.
Kohlens. Kalk (Island. Spath)	0,5095	0,225	44,16	43,66
Derselbe	0,8500	0,375	44,12	—
Künstl. kohlen-saurer Strontian	0,61375	0,18575	30,27	29,88
Künstl. kohlen-s. Baryt	0,4845	0,1085	22,37	22,38
Halbgeschmolz. kohlen-saures Lithon	0,3000	0,1805	60,17	60,46
Geschmolz. kohlen-saures Natron	0,5925	0,2450	41,35	41,37
Kryst. Kalibicarbonat	0,3000	0,1605	53,50	52,96.

Da bei dem letzten dieser Versuche der Verlust aus 2 At. Kohlensäure und 1 At. Wasser besteht, so giebt er eigentlich keine Bestimmung der Kohlensäure, sondern eine Bestimmung des Kalis.

Es lag sehr nahe, auf ähnliche Weise die Menge alkalischer Basen in organischsauren Salzen zu ermitteln, da diese durch Glühen zu kohlensauren werden; doch läßt sich das Boraxglas nur bei Oxalaten unmittelbar anwenden, da andere organischsaure Salze in der Glühhitze viel Kohle absetzen, welche mit dem Boraxglase zusammenschmilzt und dann nicht mehr fortgebrannt werden kann. Man muß daher die letztgedachten Salze erst für sich vollständig einäschern und das zurückbleibende Carbonat durch Boraxglas quantitativ zerlegen.

Die vollständige Einäscherung eines organischsauren Alkalis geschieht mit großer Leichtigkeit, wenn man einige Decigramme davon in einem dünnen Platintiegel über der Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge röstet, und nach dem Entweichen der brennbaren Gase den *wohlbedeckten* Tiegel der stärkstmöglichen Hitze der Lampe aussetzt. Nach kurzer Zeit findet man das Carbonat als rein weißen, von jeder Spur von Kohle befreiten Rückstand, und könnte aus seinem Gewichte unmittelbar die Menge der Base berechnen, wenn nicht die Bildung von Kohlenoxyd durch Verbrennen der Kohle auf Kosten des mit ihr gemengten Carbonats eine Unsicherheit herbeiführte, welche durch Anwendung des Boraxglases beseitigt wird. Letzteres dient hiezu am besten in Form von 2 bis 3 Grm. schweren Pastillen, die man durch Ausgießen des feuerflüssigen Glases auf eine glasierte Porcellanplatte erhält, und nach genauer Wägung zum Gebrauch aufbewahren kann.

Es folgen hier zunächst drei mit Boraxglas angestellte Analysen des wasserfreien und des über Schwefelsäure getrockneten gewässerten klee-sauren Kalis. Letzteres enthält 1 At. Wasser.

Versuche.		Rechnung.
I.	0,615 Grm. wasserfr. neutr. kleesaur. Kali liefsen 0,348 Grm. oder 56,59 Proc. Kali	56,64
II.	0,630 Grm. wasserfr. neutr. kleesaur. Kali liefsen 0,358 Grm. oder 56,83 Proc. Kali	—
III.	0,723 Grm. wasserh. neutr. kleesaur. Kali liefsen 0,371 Grm. oder 51,32 Proc. Kali	51,11

So genügend hier die Uebereinstimmung der Versuche mit der Rechnung ist, so verhehle ich mir doch nicht, daß bloßes Glühen des Salzes ohne Zusatz von Boraxglas eben so richtige Resultate gegeben haben würde; denn ich habe mich häufig davon überzeugt, daß eine kleine Quantität *geschmolzenen* kohlen-sauren Kalis im wohlverwahrten Tiegel mit Sicherheit gewogen werden kann.

Weitere Versuche mit and. org. Salzen.		Gefunden.	Berechnet.
Grm.		Grm.	Proc. Proc.
I.	0,7035 essigs. Baryt gab, durch Boraxgl.	0,4245 od. 60,34	59,89 Baryt
II.	0,428 saures traubenförmiges Kali	0,1075 -	25,12 26,01 Kali
III.	0,8055 neutr. weins. Kali (im Wasserbade getrocknet)	0,324 -	40,22 40,01 -
IV.	0,6565 dasselbe, ebenso getr.	0,2605 -	39,68 — -
V.	0,779 Seignettesalz, ebenso getrocknet	0,2665 -	34,15 — Alkalien

Die beiden letzten Salze sind nach den Formeln $K^2T + H$ und $K, NaT + 2H$ berechnet.

Eben so gut als die Kohlensäure läßt sich die Salpetersäure von den Alkalien durch das in Rede stehende Mittel quantitativ trennen, doch ist es hiebei unumgänglich nöthig, das salpetersaure Salz und das Boraxglas im feingepulverten Zustande mit einander zu mengen, weil sonst bei der Zersetzung des ersteren durch die Hitze ein unmäßiges Aufschäumen und Umherspritzen stattfindet, welches bei aller Aufmerksamkeit Verluste von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Proc. herbeiführt.

Ich habe die Nitrate von Baryt, Natron und Kali analysirt, und dabei die Vorsicht gebraucht, die gemeng-

ten Pulver vor dem Wägen gelinde, aber anhaltend zu erwärmen, um das hygroskopische Wasser zu entfernen, welches das Boraxglas während des Pulverns aufgenommen haben konnte. Die Menge des Boraxglases betrug in allen Versuchen nahe an 2 Grm.

Versuche. Rechnung.

I.	0,566 Grm. salpeters.	Baryt verl.	0,233 Grm.	od	41,17 Proc.	41,44
II.	0,642 -	-	Natron -	0,4085 -	-	63,63 - 63,40
III.	0,565 -	-	Kali -	0,3025 -	-	53,54 - 53,44

Ohne Zweifel läßt sich dieselbe Methode auf salpetrichsaure Salze, vielleicht auch auf arsenichsaure und arsen-saure anwenden.

Es gelang mir nicht Phosphorsäure, Schwefelsäure und Fluor auf diese Weise zu bestimmen; ich fand nämlich, daß phosphorsaures Natron und schwefelsaurer Baryt durch Zusammenschmelzen mit Boraxglas gar nicht, schwefelsaures Kali und Fluorcalcium nur höchst ungenügend zerlegt wurden.

VIII. Ueber die Brechungsverhältnisse;

von Hrn. H. Deville.

(*Annal. de chim. et de phys.* S. III T. V. p. 129.)

Das Brechungsverhältniß eines homogenen, nicht krystallisirten Körpers ist das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichts im Vacuo zu der in diesem Körper. Diefes Verhältniß ist für jeden Einfallswinkel der Lichtstrahlen constant, oder, anders gesagt, die Geschwindigkeit des Lichts hängt bloß von der Natur des durchlaufenen Körpers ab, und nicht von dem Winkel, welchen seine Richtung mit dessen Oberfläche macht. Und in der That, da das Verhältniß der Geschwindigkeiten ausgedrückt wird durch das Verhältniß des Sinus vom Einfalls- und vom Brechungswinkel, gemessen in der auf der Oberflä-

che senkrechten und den einfallenden Strahl einschließenden Ebene, so bedingt die Constanz des letzteren Verhältnisses, welches man durch Erfahrung nachweisen kann, die des ersteren, d. h. des Brechungsverhältnisses für eine und dieselbe nicht krystallisirte Substanz. Anders verhält es sich mit dem Durchgang des Lichts durch eine krystallisirte Substanz (falls diese nicht zum regulären System gehört, d. h. ihre drei Axen nicht gleicher Art und unter sich rechtwinklich sind). Alsdann ist die Geschwindigkeit nicht mehr unabhängig von der Richtung der Strahlen und der Unterschied in der Geschwindigkeit der Strahlen, die einen Krystall mit einer oder zwei optischen Axen durchdringen, ist die unmittelbare Ursache des Phänomens der Doppelbrechung.

Die gegenwärtige Abhandlung bezweckt, das Brechungsverhältniß als spezifisches Kennzeichen der Körper zu behandeln. In der Mineralogie ist dasselbe schon dazu benutzt; ich werde versuchen zu zeigen, von welchem Interesse es für die Substanzen ist, mit welchen die Chemie sich befaßt.

Im Allgemeinen, wenn ein Körper zu studiren ist, sucht man gewisse, ihm eigenthümliche Merkmale mit möglichster Schärfe festzustellen, um ihn daran unter jedem Umstande erkennen zu können. Unter diesen spezifischen Kennzeichen giebt es gewisse physische Eigenschaften, wie Dichtigkeit, Siedpunkt u. s. w., mittelst welcher man sich der Reinheit eines Körpers versichern kann, und die daher unter diesem besondern Gesichtspunkt sehr schätzbar sind. Im Allgemeinen ist es gut, jede physische Eigenschaft festzustellen, und die Beobachtung keiner Zahl in der Chemie zu vernachlässigen, die leicht mit Genauigkeit erhalten werden kann. Das gilt auch vom Brechungsverhältniß.

Die Nützlichkeit desselben muß besonders hervorleuchten als die durch die organische Chemie hervorgebrachten Körper sich fortwährend vermehren. Die Beob-

achtung der Brechungsverhältnisse könnte wohl oft behülflich seyn, jene Fragen zu lösen, die sich über die Identität gewisser Substanzen erheben lassen, welche unter so wesentlich verschiedenen Umständen erzeugt worden, dafs man kaum glauben kann, sie seyen blofs isomer. Selbst die isomeren Körper, die sich durch ihre chemischen Reactionen nicht verwechseln lassen, haben zuweilen mehre physische Eigenschaften gemein, und scheinen gleichsam verschiedene Grade von Identität darzubieten, welche sich durch Betrachtung dieser physischen Eigenschaften bestimmen lassen ¹⁾.

Ebe ich zum Detail meiner Versuche übergehe, will ich erörtern, mit welchem Grade von Annäherung das Brechungsverhältnifs eines Körpers, als Kennzeichen desselben, zu bestimmen zweckmäfsig ist.

Mit den uns von der Physik zu Gebot gestellten Mitteln kann man das Brechungsverhältnifs einer gewissen, durch ihren Hauptstrich bestimmten Farbe des Spectrums leicht bis auf die fünfte Decimale bestimmen ²⁾. Ist diese Bestimmung einmal gemacht, so kommt die aus der Beobachtung abgeleitete Zahl blofs den physischen Umständen zu, die man bei dem Versuch obwalten liefs. Sehen wir nun bis wie weit diese Umstände auf die gefundene Zahl einfliefsen und bis zu welchem Punkt es möglich sey, diese Umstände mit vollkommener Identität wieder aufzufinden. Das Brechungsverhältnifs hängt offenbar von der Dichtigkeit des Körpers ab, und diese wiederum von der jedesmaligen Temperatur desselben. Nichts sagt uns überdiefs, dafs, wenn die Temperatur und folglich die physikalischen Eigenschaften sich än-

1) Der Verf. verweist hiebei auf die von ihm selbst, so wie von Becquerel und Cahours gemachten Messungen der Brechungsverhältnisse verschiedener organischer Substanzen, Messungen, die in diesen Annalen, Bd. LI S. 427, 433 und 437, mitgetheilt wurden. P.

2) S. Fraunhofer, Bestimmungen des Brechungs- und Zerstreuungsvermögens. S. Gilb. Annalen, Bd. LVI S. 264. 302.

dern, nicht auch, unabhängig von der Veränderung der Dichte, eine Aenderung in der Geschwindigkeit des Lichts erfolge. Abgesehen von dieser Hypothese, ist es gewiß, daß man, um die Umstände bei dem Versuch vollständig zu bestimmen, die Dichtigkeit des Körpers, die Temperatur, bei der man diese genommen hat, und die Temperatur, bei welcher das Licht durch ihn geht, kennen muß. Nun ändert der geringste Temperaturwechsel bei den meisten Körpern die Dichte derselben schon in der dritten Decimale; es ist also unmöglich für diese Zahl einzustehen, und um so mehr für fünf Einheiten der folgenden Ordnung oder für 0,0005. Wiederholte Beobachtungen an sehr verschiedenen Substanzen haben mir gezeigt, daß im Allgemeinen die Aenderungen des Brechungsverhältnisses mit denen der Dichtigkeit von gleicher Ordnung sind. Erwägt man nun noch die Schwierigkeit, mit welcher immer die Temperatur des zu dem Versuch genommenen Körpers zu bestimmen ist, so glaube ich schliessen zu müssen, daß es unnöthig sey, die Bestimmung des Brechungsverhältnisses, als Kennzeichen der Körper, weiter als bis zur dritten Decimalstelle zu treiben.

Diese Betrachtungen sind wichtig in sofern die Methoden, mittelst welcher man die Brechungsverhältnisse bis zur fünften Decimalstelle erhält, die Beobachtung einer bestimmten Linie des Spectrums, und demnach die Anwendung sehr complicirter Apparate erfordern, was, wenn die Brechungsverhältnisse nothwendig auf diese Weise erhalten werden müßten, die Zahl der zu studirenden Substanzen bedeutend beschränken würde.

Es reicht also hin, das Brechungsverhältniß bei allen Versuchen für eine bestimmte Farbe, z. B. für das Gelb, zu bestimmen, und überdies hat man, aus leicht begreiflichen Gründen, unter den vielen Methoden, die dazu bekannt sind, die einfachsten zu wählen.

Construirt man aus der zu untersuchenden Substanz

convexe Linsen, kennt die Brennweite derselben, die Halbmesser ihrer Oberflächen oder einfach die Brennweite einer Wasserlinse von gleichen Dimensionen, so kann man das Brechungsverhältniß entweder an sich (die schwache Berichtigung wegen der Luft bei Seite gelassen) oder bezogen auf Wasser finden. Man hat also das Brechungsverhältniß absolut, weil man das des Wassers kennt. Besitzt man ein gutes Mikroskop, versehen mit Fäden und einem festen Mikrometer, so kann man beobachten, welche Vergrößerungen Objective von gleichen Dimensionen, aber verschiedener Natur hervorbringen, und dann, die Vergrößerung des Wasser-Objectives kennend, das Brechungsverhältniß der die Linse zusammensetzenden Substanz berechnen. Diefes ist das Verfahren, dessen sich die HH. Becquerel und Cahours bedienen ¹⁾. Es hat das Ueble ein sehr kostbares Instrument, ein sehr gutes Mikroskop, zu erfordern.

Man kann auch an einem Prisma, dessen Natur und brechender Winkel bekannt sind, den Winkel des Ablenkungs-Minimums beobachten. Die Bestimmung des Brechungsverhältnisses kommt dann auf eine Winkelmessung zurück, die sich mittelst eines Repetitionskreises oder eines Goniometers mit beliebiger Genauigkeit ausführen läßt. Man kann dazu das Malus'sche Goniometer anwenden.

Ich ziehe das vor einigen Jahren von Hrn. Babinet beschriebene Goniometer bei weitem vor. Dasselbe ist im Princip nichts anderes als das Malus'sche, nur ist das entfernte Sehzeichen ersetzt durch ein nahes, im Brennpunkt einer biconvexen Linse befindliches, das folglich als unendlich entfernt vom Prisma angesehen werden kann ²⁾.

1) Vergl. Annalen, Bd. LI S. 417.

2) Es ist dieselbe Vorrichtung, die viel früher von Rudberg beschrieben worden ist. S. Annalen, Bd. IX S. 517. **P.**

Wenn man in den Brennpunkt dieser Linse eine mäßig dünne Nähnadel als Sehzeichen anbringt, so erlangt man einen Vorzug, den nur diese Einrichtung gewährt. Das von jedem der beiden Nadelränder kommende Licht bildet ein Spectrum. Diese beiden Spectra legen sich zum Theil über einander, und aus der partiellen Zusammensetzung der Farben entsteht eine sehr scharfe Linie, bestimmt durch den Gegensatz der beiden abgeschnittenen Farben, einer bläulichgrünen und einer intensiv rosenrothen. Auf diese Linie läßt sich mit einer Genauigkeit einstellen, größer als die, mit welcher das (nur Minuten gebende) Instrument die Winkel zu messen erlaubt.

Um ein Brechungsverhältniß mit dem Babinet'schen Instrument zu bestimmen, mißt man zuvörderst auf bekannte Weise den Winkel des Prismas. Man merkt sich darauf den Grad des Instruments, welcher dem Ablenkungs - Minimum des Sehzeichens entspricht. Dann dreht man das Prisma um sich selbst, bis der Lichtstrahl durch die andere Seite des Prismas in entgegengesetzter Richtung eintritt, und sucht abermals die Lage des gebrochenen Strahls, der dem Ablenkungs-Minimum des Sehzeichens entspricht. Der von diesen beiden Lagen eingeschlossene Winkel-Abstand ist das Doppelte des Ablenkungs-Minimums. Wenn man bei jeder dieser Beobachtungen auf die eben erwähnte Schnittlinie beider Spectren einstellt und die erhaltene Ablenkung in die Formel setzt, so hat man offenbar das Brechungsverhältniß entsprechend einem Punkt des Spectrums, der beinahe gleich weit von beiden Enden, folglich in der Mitte des Gelb liegt.

Die Fehler, welche man bei diesem Verfahren in der Beobachtung des Brechungsverhältnisses begehen kann, können aus der Messung des Prismen-Winkel und der Ablesung entspringen. Das Einstellen läßt sich so vollkommen bewerkstelligen, daß dieser Theil des Verfah-

rens

rens keine Unsicherheit mit sich bringt. Nur die Lage des Prisma auf seinem Träger, eine Lage, die eine solche seyn muß, daß die Ebene des Einfalls und der Brechung senkrecht ist auf den Ebenen, die bei der Messung den brechenden Winkel bilden, nur diese ist einigen sehr geringen Fehlern ausgesetzt, welche indeß das Instrument selbst innerhalb gewisser Gränzen zu berichtigen erlaubt. Auf diese Weise wird das Babinet'sche Goniometer, obwohl zur Messung von Krystallen sehr unvollkommen, für den Chemiker ein sehr schätzbares Instrument, sobald es sich darum handelt, die Brechungsverhältnisse mit einem für sie hinreichenden Grad von Genauigkeit zu bestimmen. Uebrigens wird es auch, nach einigen leichten Abänderungen, sehr geeignet zur Messung des Brechungsverhältnisses für irgend eine beliebige Linie des Spectrums.

Eine Folge von dem oben Gesagten ist, daß sich mittelst des Goniometers sehr geringe Unterschiede zwischen den Brechungsverhältnissen nachweisen lassen, mit einer Genauigkeit, weit größer als die, mit welcher man diese Verhältnisse selbst zu messen vermag. Zu dem Ende genügt es, nachdem man die erste Beobachtung gemacht, die Reihe der zu vergleichenden Versuche anzustellen, unter Anwendung desselben Prisma, ohne daß man dessen brechenden Winkel oder dessen Lage am Apparat ändert. Man wechselt bloß mittelst einer Pipette die Flüssigkeit, und wäscht das Prisma nöthigenfalls mit vollkommen reinem Alkohol oder Aether, den man nachgehends durch Einblasen von Luft vollständig entfernt. Auf diese Weise wohnt man gleichsam den Verschiebungen der Ebene des Ablenkungs-Minimums bei, und diese Verschiebungen lassen sich mit einer Schärfe erhalten, die nur durch die Gradtheilung des Instruments begränzt wird.

Auf diese Weise sind die in dieser ersten Abhandlung angeführten Versuche angestellt.

Das Prisma, dessen ich mich bediene, besteht aus
Poggendorff's Annal. Bd. LVII. 18

einem kleinen prismatischen Klotz von mattgeschliffenem Glase, mit einer cylindrischen Durchbohrung von etwa 1,5 Centimetern Durchmesser, und deren Axe senkrecht ist auf der den brechenden Winkel halbirenden Ebene. Diesen Cylinder verschließt man durch zwei Glasplatten mit parallelen oder ihrer Neigung nach bekannten Flächen, und befestigt sie, je nach den Umständen, mit Gummilösung, Talg oder Wachs.

Ein anderes cylindrisches Loch, parallel der brechenden Kante des Prismas in eine von dessen Basen gemacht, dient zur Einbringung der Flüssigkeit.

Der brechende Winkel muß 45° bis 60° betragen, je nach der Brechkraft der zu untersuchenden Substanz.

Für das folgende Detail der Beobachtungen nenne ich A den brechenden Winkel des Prismas, D das Ablenkungs-Minimum, μ das Brechungsverhältniß, δ die Dichtigkeit der Substanz und t die Temperatur bei dem Versuch. Die beiden letzten Zahlen müssen durchaus angegeben werden; ohne sie verliert das Brechungsverhältniß viel von seiner Wichtigkeit als spezifisches Kennzeichen.

Um eine Idee zu geben von der Constanz der mit dem Instrument beobachteten Brechungsverhältnisse, will ich hier einige meiner ersten, oftmals an einer selben Substanz gemachten Beobachtungen auführen.

Französisches Kronglas.

$A=42^\circ 28'$; $D=23^\circ 32'$ also $\mu=1,5036$
 $A=42^\circ 29'$; $D=23^\circ 31' 30''$ - $\mu=1,5034$
 $A=42^\circ 28'$; $D=23^\circ 30'$ - $\mu=1,5035$.

Wollaston fand μ für ein französisches Kronglas $=1,504$ und für ein englisches $=1,500$.

Für Wasser fand ich bei mehreren Messungen:

$A=54^\circ 44'$; $D=20^\circ 53'$ also $\mu=1,3336$ bei $t=15^\circ$ C.
 $A=54^\circ 40'$; $D=20^\circ 52' 30''$ - $\mu=1,3339$ - $t=14$ -
 $A=54^\circ 40'$; $D=20^\circ 52' 30''$ - $\mu=1,3339$ - $t=14$ -
 $A=54^\circ 48'$; $D=20^\circ 57'$ - $\mu=1,3340$ - $t=8$ -

Bei einer mäßig brechenden Substanz und einem Prisma von etwa 50° hat ein Fehler von einer oder zwei Minuten nur Einfluss auf die vierte Decimale. Einen solchen Fehler zu begehen ist aber, nach einiger Uebung, unmöglich, vor allem, wenn das Instrument gut construirt ist ¹⁾.

Alkohol.

Die folgenden Versuche wurden an Gemengen von Wasser und absolutem Alkohol angestellt. Letzterer hatte bei 16°C. eine Dichte $= 0,796$. Aus diesem Alkohol und Wasser bildete ich Lösungen, die im Alkoholgehalt um ein Zehntel (dem Gewichte nach) verschieden waren, und deren Dichtigkeiten aus der Tafel des Hrn. Gay-Lussac berechnet wurden. Die Temperatur bei der ganzen Reihe war 16°C.

Alkohol.	Wasser.	δ .	Winkel.	Unter-
				schiede.
1	0	0,796	$A = 54^\circ 48' 0''$ $D = 22 \quad 55 \quad 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3633 \\ 1,3653 \end{array} \right\} + 20$
0,9	0,1	0,829	$A = 54 \quad 48 \quad 0$ $D = 23 \quad 6 \quad 30$	$\left. \begin{array}{l} 1,3653 \\ 1,3662 \end{array} \right\} + 9$
0,8	0,2	0,856	$A = 54 \quad 48 \quad 0$ $D = 23 \quad 9 \quad 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3662 \\ 1,3651 \end{array} \right\} - 11$
0,7	0,3	0,880	$A = 54 \quad 48 \quad 0$ $D = 23 \quad 4 \quad 15$	$\left. \begin{array}{l} 1,3651 \\ 1,3633 \end{array} \right\} - 18$
0,6	0,4	0,902	$A = 54 \quad 48 \quad 0$ $D = 22 \quad 59 \quad 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3633 \\ 1,3633 \end{array} \right\}$

1) Zur Beleuchtung des Sehzeichens ist es sehr bequem, sich einer guten Lampe mit einem kugelförmigen Schirm von mattem Glase zu bedienen. Es lässt sich dann ein starkes Licht auf das Prisma werfen, und wenn man nun das Instrument, bis auf das Objectiv des Fernrohrs, in's Dunkle bringt, kann man die Beobachtungen mit grosser Schärfe und Genauigkeit machen, auch wird das Einstellen merkwürdig leicht und genau.

Alkohol.	Wasser.	δ .	Winkel.	μ .	Unter- schiede.
0,55	0,45	0,916	$A=54^{\circ} 48' 0''$ $D=22 \ 55 \ 30$	$\left. \begin{array}{l} 1,3629 \\ 1,3621 \end{array} \right\}$	-4 -8
0,5	0,5	0,9275	$A=54 \ 48 \ 0$ $D=22 \ 52 \ 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3621 \\ 1,3592 \end{array} \right\}$	-8 -29
0,4	0,6		$A=54 \ 48 \ 0$ $D=22 \ 21 \ 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3592 \\ 1,3544 \end{array} \right\}$	-29 -58
0,3	0,7	0,960	$A=54 \ 48 \ 0$ $D=22 \ 21 \ 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3544 \\ 1,3471 \end{array} \right\}$	-58 -73
0,2	0,8	0,972	$A=54 \ 48 \ 0$ $D=21 \ 55 \ 30$	$\left. \begin{array}{l} 1,3471 \\ 1,3407 \end{array} \right\}$	-73 -64
0,1	0,9	0,984	$A=54 \ 48 \ 0$ $D=21 \ 26 \ 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3407 \\ 1,3339 \end{array} \right\}$	-64 -68
0	1	1,000	$A=54 \ 40 \ 0$ $D=20 \ 52 \ 30$	$\left. \begin{array}{l} 1,3339 \\ 1,3339 \end{array} \right\}$	-68 -68

Hier noch einige Versuche, gemacht mit anderem Alkohol ebenfalls bei der Temperatur 16°C. :

Alkohol enthaltend:

eine Spur Wasser	$A=54^{\circ} 10' 30''$ $D=22 \ 59 \ 0$	$\left. \begin{array}{l} \mu=1,3639 \\ \mu=1,3641 \end{array} \right\}$
1 bis 2 Proc. dito	$A=54 \ 10 \ 30$ $D=22 \ 59 \ 30$	$\left. \begin{array}{l} \mu=1,3641 \\ \mu=1,3660 \end{array} \right\}$
20 Proc. dito	$A=54 \ 48 \ 0$ $D=23 \ 8 \ 30$	$\left. \begin{array}{l} \mu=1,3660 \\ \mu=1,3660 \end{array} \right\}$
käuf. 20 Proc. dito	$A=54 \ 40 \ 0$ $D=23 \ 1 \ 0$	$\left. \begin{array}{l} \mu=1,3660 \\ \mu=1,3660 \end{array} \right\}$

Brewster und Young fanden für Rum und Brantwein, die etwa 50 Proc. Wasser enthielten, die Zahl 1,360, welche vollkommen mit der zuvor für eine Flüssigkeit von gleichem Alkoholgehalt gefundenen übereinstimmt.

Vergleicht man unter einander die in vorstehender Tafel enthaltenen Zahlen, so sieht man, daß die Bre-

1) Diese Lösung wurde, als Prüfung, aus einem Gemische gleicher Gewichte Alkohol von 0,2 und Alkohol von 0,7 gemacht.

chungsverhältnisse ein Maximum haben, welches dem Alkohol von 0,2 Wasser entspricht, und dieser besteht aus einem Gemisch von

1 Aequivalent Alkohol	80,4	481,08
1 Aequivalent Wasser	19,6	112,50
	100,0	593,58.

Während also, nach Rudberg ¹⁾, der Alkohol mit 3 At. Wasser das Maximum der Contraction zeigt, ist der Alkohol mit 1 At. Wasser durch ein Maximum des Brechungsverhältnisses charakterisirt. Es ist noch hinzuzufügen, daß genau dann, wann der Alkoholgehalt dem des Rudberg'schen Weingeistes nahe kommt, das Brechungsverhältniß dem des absoluten Alkohols gleich wird. Ich gebe hier noch die Brechvermögen dieser verschiedenen Lösungen, woraus man sieht, daß dieselben kein Maximum haben. Dies rührt davon her, daß die Dichtigkeiten weit rascher wachsen als die Brechungsverhältnisse, oder in denselben Zwischenräumen nicht abnehmen.

Alkohol, absoluter	1,0787	Alkohol mit 0,5 Wass.	0,9219
dito mit 0,1 Wass.	1,0676	- 0,6	0,8977
dito - 0,2 -	1,0468	- 0,7	0,8692
dito - 0,3 -	0,9811	- 0,8	0,8577
dito - 0,4 -	0,9518	- 0,9	0,8106
dito - 0,45 -	0,9359	Reines Wasser	0,7956

Holzgeist.

Dieselben Untersuchungen habe ich über den Holzgeist angestellt, nur habe ich die jedem Holzgeistgehalt der Flüssigkeit entsprechende Dichtigkeit gemessen, und daraus die entsprechende Contraction hergeleitet.

Da diese Bestimmungen kein anderes Interesse haben als das, was sich auf diese Untersuchungen bezieht, so glaubte ich, die Dichtigkeit bloß bei den Flüssigkei-

1) Annalen, Bd. XIII S. 501.

ten von successive 0, 0,1, 0,2 u. s. w. Wassergehalt, als den einzigen, deren ich nöthig hatte, nehmen zu brauchen.

Beim Vergleiche dieser Zahlen bin ich zu folgenden Resultaten gelangt:

Ich fand, wie Hr. Dumas, die Dichtigkeit des reinen Holzgeistes beinahe gleich der des reinen Alkohols.

Die Dichtigkeiten der verschiedenen Lösungen (immer nach Gewichtsverhältnissen zusammengesetzt) weichen wenig ab von denen der analogen weingeistigen Flüssigkeiten, die Dichtigkeiten dieser nach der Gay-Lussac'schen Tafel bestimmt.

Bei den Holzgeistlösungen, wie bei denen des Alkohols, giebt es ein Maximum der Contraction, das einer Zusammensetzung von 3 Aeq. Wasser und 1 Aeq. Holzgeist entspricht.

Die Zahl, welche dieses Maximum vorstellt, ist für beiderlei Flüssigkeiten nahe dieselbe, für den Alkohol = 3,99, und, bei derselben Temperatur, für den Holzgeist = 4,1.

Alle Brechungsverhältnisse der Holzgeistlösungen wurden bei 9° C. beobachtet.

Holzgeist.	Wasser.	δ .	Winkel.	μ .	Unterschiede.
1	0	0,807	$A = 54^{\circ} 47' 0''$ $D = 21 \quad 3 \quad 30$	1,3358	
0,9	0,1	0,8371	$A = 54 \quad 47 \quad 0$ $D = 21 \quad 23 \quad 30$		
0,8	0,2	0,8619	$A = 54 \quad 47 \quad 0$ $D = 21 \quad 32 \quad 0$	1,3429	+24
0,7	0,3	0,8873	$A = 54 \quad 47 \quad 0$ $D = 21 \quad 41 \quad 30$		
0,6	0,4	0,9072	$A = 54 \quad 47 \quad 0$ $D = 21 \quad 45 \quad 30$	1,3462	+10
0,5	0,5	0,9232	$A = 54 \quad 47 \quad 0$ $D = 21 \quad 45 \quad 30$		

Holzgeist.	Wasser.	δ .	Winkel.	μ .	Unter- schied.
0,4	0,6	0,9429	$A=54^{\circ} 47' 0''$ $D=21 41 30$	$\left. \begin{array}{l} 1,3452 \\ 1,3428 \end{array} \right\}$	-10 -24
0,3	0,7	0,9576	$A=54 47 0$ $D=21 31 30$	$\left. \begin{array}{l} 1,3428 \\ 1,3394 \end{array} \right\}$	-24 -24
0,2	0,8	0,9709	$A=54 47 0$ $D=21 17 30$	$\left. \begin{array}{l} 1,3394 \\ 1,3380 \end{array} \right\}$	-24 -56
0,1	0,9	0,9751	$A=54 47 0$ $D=21 12 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3380 \\ 1,3360 \end{array} \right\}$	-56 -20
0,05 fast 0,95	0,9857		$A=54 47 0$ $D=21 6 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,3360 \\ 1,334 \end{array} \right\}$	-20 -20
Reines Wasser	1,0000		$A=54 48 0$ $D=20 57 0$	$\left. \begin{array}{l} 1,334 \\ 1,334 \end{array} \right\}$	-20 -20

Vergleicht man unter einander die Zahlen dieser Tafel, so sieht man, daß das Brechungsverhältniß ein Maximum hat, das einem zwischen 0,5 und 0,6 liegenden Holzgeistgehalt entspricht. Sucht man, welche Zusammensetzung dem Maximo der Contraction entspricht, so findet man sie:

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ Aeq. Holzgeist} & 54,4 \\
 3 \text{ Aeq. Wasser} & 45,6 \\
 \hline
 & 100,0.
 \end{array}$$

Für eine in diesem Verhältniß gemachte Lösung fand ich:

$A=54^{\circ} 44'$ $D=21^{\circ} 45'$ $\mu=1,3465$,
d. h. das stärkste Brechungsverhältniß, welche Gemenge von Holzgeist und Alkohol darbieten können.

Vergleicht man die Spalte der Unterschiede, so sieht man, daß sie nahe beim Maximum in gleichen Abständen von demselben gleich sind. Construiert man nach den Angaben dieser Tafel eine Curve, mit den Wassergehalten als Abscissen und den Brechungsverhältnissen als Ordinaten, so wird die Curve auf der Axe der y anfangen, wo der Werth der ersten Ordinate, das Bre-

chungsverhältniß des reinen Holzgeistes, 1,3358 ist, und die Abscisse Null, dagegen endigen mit der Ordinate 1,386 ¹⁾, d. h. dem Brechverhältniß des reinen Wassers, und der Abscisse 1. Nahe bei diesen beiden Punkten zeigt die Curve nichts Merkwürdiges: allein in der Gegend der Maximum-Ordinate = 1,3165, die der Abscisse = 0,456 entspricht, und auf einer großen Strecke dieß- und jenseits dieses Punkts, ist die Curve streng symmetrisch, da die gleich weit von der Maximum-Ordinate entfernten Punkte der Curve genau dieselben Ordinaten haben.

Während also beim Alkohol das Maximum der Contraction einer Verbindung desselben mit 3 Aeq. Wasser, und das Maximum des Brechungsverhältnisses einer Verbindung mit 1 Aeq. Wasser entspricht, finden sich beim Holzgeist diese beiden Maxima bei der Verbindung mit 3 Aeq. Wasser.

Hr. Poiseuille hat der philomatischen Gesellschaft mitgetheilt, daß er beim Vergleiche der Geschwindigkeiten, mit denen Weingeiste von verschiedenem Alkoholgehalt durch Haarröhrchen fließen, auch ein Maximum beobachtet habe. Diese Thatsachen verdienen in der Geschichte der Eigenschaften des Alkohols eine Stelle.

Essigsäure.

Die Lösungen der Essigsäure besitzen ein Dichtigkeitsmaximum, welches eine Verbindung von 1 Aeq. Säure und 3 Aeq. Wasser entspricht. Es war also zu untersuchen, ob die Brechungsverhältnisse dieser Lösung auch ein solches Maximum besitzen. Zu dem Ende bestimmte ich diese Verhältnisse für folgende Gemische:

Krystall. Säure b. 16° (rein);	$\delta=1,063$	$A=54^{\circ} 47' 0''$	} $\mu=1,3753$
		$D=23 \ 43 \ 30$	
Säure wäsr. vom. Max. d. Dichte	$A=54 \ 47 \ 0$	} $\mu=1,3781$	
	$D=23 \ 54 \ 30$		

1) Wohl 1,334?

Säure von	$\delta=1,0728$	$A=54^{\circ} 47' 0''$	$\mu=1,3712$
		$D=23 \ 24 \ 30$	
Säure von	$\delta=1,062$	$A=54 \ 43 \ 0$	$\mu=1,3670$
		$D=23 \ 7 \ 0$	

Man wird bemerken 1) daß das Maximum des Brechungsverhältnisses genau dem Dichtigkeitsmaximum entspricht; 2) daß bei zwei Säuren von gleicher Dichtigkeit jene Verhältnisse um 0,0083, d. h. bedeutend verschieden sind.

Ich liefere diese Untersuchungen, ohne andere Folgerungen daraus zu ziehen als die, welche sich unmittelbar aus dem Vergleich der in den Tafeln enthaltenen Zahlen ergeben. Ich kann indeß die Bemerkung nicht unterlassen, daß jene singulären Punkte in dem Gesetz der Brechungsverhältnisse merkwürdigen Eigenschaften oder Zusammensetzungen der Lösungen entsprechen, so daß künftige Untersuchungen vielleicht ein Mittel auffinden lassen werden, unter den verschiedenen Lösungen der Körper diejenigen zu charakterisiren, in denen die Elemente nach Art der Verbindungen von festen Verhältnissen mit einander verknüpft sind.

IX. Untersuchung über die Salpetersäure; von Hrn. E. Millon.

(Compt. rend. T. XIV p. 904. Ein Auszug der Abhandlung.)

Die gewöhnliche Reinigung der Salpetersäure besteht hauptsächlich darin, daß man die Chlorwasserstoff- und Schwefelsäure von ihr abscheidet. Allein die Methoden, welche man dazu anwendet, befreien sie nicht von der salpetrigen Säure. Diese ist jedoch in der Salpetersäure vorhanden, selbst wenn sie sehr verdünnt und ganz farblos ist. Um den Einfluß dieser Beimischung zu zeigen, brau-

che ich nur zu sagen, daß die schwächste Säure noch genug davon enthält, um Jod aus den Jodüren, Schwefel aus den Monosulfüren zu fällen, die Eisenoxydulsalze braun, und das Kaliumeisencyanür grün zu färben; während dieselbe Säure, wenn sie vollkommen rein ist, die Monosulfüre ohne Trübung zersetzt, das Jod aus seinen Verbindungen mit den Alkali-Metallen nicht abscheidet, und die Eisenoxydulsalze, so wie das Kaliumeisencyanür nicht färbt.

Ich füge noch hinzu, daß das Indigblau, welches von der salpetrigen Säure im Zustande gewisser Verdünnung zersetzt wird, seine Farbe behält in Berührung mit sehr beträchtlichen Mengen reiner Salpetersäure, und daß die grüne Färbung, welche die Salpetersäure gewissen Harnen mittheilt, in denen man die Anwesenheit des Farbstoffs der Galle vermuthet, alleinig von salpetriger Säure herrührt.

Die Salpetersäure mit einem Aequivalent Wasser destillirt nicht ohne Zersetzung; auch scheint sie mir nach den bisher beschriebenen Verfahrensarten schwierig darstellbar. Sie haben mir immer nur eine sehr salpetrige Säure von veränderlichem Wassergehalt geliefert; auch war ich genöthigt zu neuen Darstellungsweisen meine Zuflucht zu nehmen. Sie ist vollkommen farblos, und färbt sich im Licht erst wenn dieses von einer Temperatur von $+30^{\circ}$ bis 40° C. begleitet ist.

Ich verwandte die größte Sorgfalt darauf, alle Hydrate darzustellen, welche die Destillation liefern kann, und das Bedauern, welches ich empfand, bei den mit diesem Gegenstand beschäftigt gewesenen Chemikern nur sehr wenige Angaben zu finden, hat mich veranlaßt, in der Abhandlung, von der ich hier einen Auszug liefere, alle Umstände meiner Versuche bis in's Kleinste sorgfältig anzugeben. Ueberdies beruhen auf dieser genauen Bestimmung der Hydrate die Hauptresultate, welche ich hier auseinandersetzen werde.

Außer der Säure mit 1 Aeq. Wasser ist es mir noch gelungen, die Säure mit 2, mit 4 und mit $4\frac{1}{2}$ Aeq. Wasser zu erhalten. Andere mit Hülfe der Destillation darzustellen, ist mir nicht möglich gewesen.

Die Constitution dieser Hydrate hat mich veranlaßt, die Analyse einiger Nitrats vorzunehmen. Schon Graham hat die Zusammensetzung der Nitrats des Zinks, der Bittererde, des Kupfers und Wismuths festgestellt; allein beim Zink widerspricht er sich, und seine Schlüsse scheinen ein wenig zu sehr verallgemeinert, indem er sie auf alle talkerdigen Oxyde ausdehnt.

Ich habe daher die Analyse des Zink- und des Talkerde-Nitrats wiederholt, und die des Mangan- und Kobalt-Nitrats hinzugefügt, auch noch das schon von Anderen untersuchte Nickelnitrat analysirt. Alle diese Nitrats enthalten 6 Aeq. Wasser, wie Graham es für die einen bewiesen und für die anderen vorausgesehen hat. Allein der Kalk tritt aus der Talkerde-Reihe, sowohl hinsichtlich seines Nitrats als Sulfats. Im Nitrat enthält er nur 4 Aeq. Wasser, und überdies besitzt er noch andere Hydrate mit geringerem Wassergehalt. Obwohl das Nitrat im Vacuo all sein Wasser leicht verliert, bildet es doch, beim Kochen mit Kalkhydrat, mehrere basische Nitrats.

Die Salpetersäure scheint demnach nur wenig geeignet, Reihen nach Art der Phosphorsäure zu bilden, und sie tritt sichtlich aus der allgemeinen Formel, welche Graham anzunehmen geneigt scheint.

Die Wirkung der Salpetersäure auf chloresaurer Kali liefert ein Oxydationsagens, weit wirksamer als die, welche man bisher in Bezug auf gewisse Substanzen, wie Schwefel, Selen, so wie organische Substanzen, angewandt hat. Platinschwamm widersteht dieser Wirkung sehr gut, obwohl er dabei einer Temperatur von 125° C., der Salpetersäure und dem Chlor im Entstehungszustand ausgesetzt ist. Diese Thatsache scheint mir nicht ohne Wich-

tigkeit für die Oxydationstheorie, zu welcher ich durch die Wirkung der Salpetersäure auf die Metalle geführt bin.

Im Laufe der so eben kurz angegebenen Untersuchungen habe ich beobachtet, daß die verdünnte, vollkommen reine Salpetersäure das *Kupfer*, so wie mehrere andere Metalle, z. B. *Wismuth* und *Quecksilber*, nicht angreift. Diese Thatsache ist neu. Man wußte wohl, daß sehr concentrirte Salpetersäure einige Metalle, z. B. Eisen und Zinn, nicht angreift, aber diese selbe Säure, verdünnt, wurde als eins der kräftigsten Mittel ihrer Oxydation angesehen; dennoch fehlte viel, und wenn man hinsichtlich der Wirkung der reinen Salpetersäure auf die Metalle eine allgemeine Regel aufstellen könnte, so wäre es die: daß sie, mit Ausnahme der Alkali-Metalle kein einziges angreift.

Man begreift, daß dieser Satz eine Entwicklung erfordert. Ich beginne mit den Thatsachen, die ich beim *Kupfer* zu beobachten Gelegenheit fand.

Eine Säure von 1,070 Dichte greift bei $+20^{\circ}$ C. das Kupfer nicht an. Concentrirter greift sie dasselbe mit Heftigkeit an. Leitet man aber einen Strom von Stickstoffoxyd auf das Kupfer in der Säure, welche dasselbe nicht angreift, oder besser noch, schüttet man einige Tropfen einer concentrirten Lösung von salpetrigsaurem Kali hinzu, so beginnt der Angriff des Kupfers, und so wie er begonnen hat, hält er Stunden lang an, sobald nur Metall und Säure in hinlänglicher Menge da sind. Verlangsamte sich die Wirkung oder hält sie gänzlich ein, was nach einigen Stunden geschieht, so kann man sie durch einen neuen Zusatz vom salpetrigsauren Salz wieder anfachen, und, je nach dem man eine mehr oder weniger große Menge dieses Salzes hinzufügt, kann man eine mehr oder weniger reichliche Gasentwicklung erhalten.

Ich untersuchte, ob ein durch die Säure gehender Gasstrom dieselbe Reaction hervorrufen würde, und wandte

zu dem Ende Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlensäure und Stickstoffoxydul an; allein vergebens. Ich zersetzte, innerhalb der Säure selbst, kohlensauen Kalk, Chlorkalk und Schwefelkalium; allein die Kohlensäure, das Chlor und der Schwefelwasserstoff entwichen, ohne eine Reaction hervorzurufen.

Wenn diese Reaction einzig vom Stickstoffoxyd herührte, so müßte dieselbe, bei plötzlicher Entfernung des Gases, auch aufhören, und in der That geschah das auch auf Zusatz von schwefelsaurem Eisenoxydul. Die in voller Thätigkeit begriffene Gasentwicklung stockte augenblicklich.

Da ich bemerkt hatte, daß eine ziemlich schwache Temperatur-Erhöhung die Oxydation des Kupfers selbst in der reinen Säure von 1,070 bedingte, so glaubte ich, die bei der Zersetzung des salpetrigsauren Kalis entwickelte Wärme möge der Ausgangspunkt der Reaction seyn. Ich brachte demnach Metall und Säure, als die Oxydation lebhaft eingeleitet war, in ein Gemisch von Eis und Kochsalz; wirklich hielt die Gasentwicklung ein als die Säure zu gefrieren begann, und als ich die Glasröhre, welche zu dem Versuche diente, aus der Kältemischung nahm und langsam die umgebende Temperatur ($+20^{\circ}$ C.) annehmen liefs, fing die Oxydation bald wieder an, so daß ich mit demselben Metall und derselben Säure, durch successive Gefrierungen, den Gang dieser sonderbaren Erscheinung mehrmals unterbrechen und wieder herstellen konnte.

Diese Unterbrechung der Gasentwicklung durch Anwendung von Kälte isolirte die Wirkung des Stickstoffoxyds vollständig von jedem Einflusse der Wärme. Nichts destoweniger wunderte es mich, die reine und verdünnte Salpetersäure zersetzt zu sehen durch Kupfer bei einer Temperatur, die zur Zersetzung der Säure nicht hoch genug war, und um sie zu concentriren nicht lang genug anhielt. Ich versuchte nun den Einflusse der Tem-

peratur bei verschiedenen Concentrationsgraden der Säure zu verfolgen.

Ich nahm daher zunächst den wohl bekannten Fall vor, in welchem Kupfer von rauchender Salpetersäure nicht angegriffen wird. Er fordert, daß diese Säure bei $+20^{\circ}$ C. dem Maximum ihrer Dichte, welches 1,552 bei 20° C. ist, sehr nahe sey. Diesen Fall habe ich in meiner Abhandlung möglichst vollständig erörtert und zergliedert.

Was die Säure mit 1 Aeq. Wasser betrifft, so greift sie bei 20° C. das Kupfer mit außerordentlicher Heftigkeit an. Dasselbe gilt, bei dieser Temperatur, von den Säuren mit 4 und mit $4\frac{1}{2}$ Aeq. Wasser, so wie von allen intermediären Säuren bis zur Dichte 1,070.

Nimmt man aber alle diese Säure, von der mit 1 Aeq. Wasser bis zu der von 1,070 Dichte, und hält sie, in Glasröhren, eingetaucht in eine Kältemischung, so findet man, daß das Kupfer sich in allen hält, mit einigen Abänderungen nach ihrem Zustand.

In der Säure mit 1 Aeq. Wasser überzieht sich das Kupfer mit einer bläulichen Schicht, und die Flüssigkeit nimmt eine grünliche Farbe an. Allein die Wirkung geht nicht weiter; sie pflanzt sich nicht mehr fort, wenn man die Röhre zum Gemenge herauszieht und sie auf die Temperatur der Atmosphäre zurückkommen läßt. So habe ich das Kupfer mehre Tage lang in einer Temperatur von 20° C. bewahrt. Die bläuliche Schicht, die sich auf der Oberfläche des Kupfers bildet, ist unlöslich in concentrirten Säuren, aber sehr löslich in Wasser.

Die Säuren mit 4, mit $4\frac{1}{2}$ und mit noch mehr Aequivalenten Wasser lassen dem Kupfer seinen Metallglanz, so lange sie in der Kältemischung stehen. Wenn man sie aber herausnimmt, überziehen die Säuren mit $4\frac{1}{2}$ Aeq. Wasser das Kupfer mit einer bläulichen Schicht; und weiter gehen sie nicht, wenigstens wenn man nicht die Röhre, welche sie einschließt, häufig schüttelt; während

die wasserhaltigeren Säuren ihre Wirkung beginnen, so wie man ihre Temperatur ein wenig erhöht. Der Moment ihres Angriffs variirt jedoch nach ihrer Concentration. So beginnt die Säure von 1,217 ihre Wirkung bei -10° , und eine Säure von 1,108 bei -2° C.

Die aus diesen Oxydationen entspringenden Gase sind verschieden nach der Temperatur und dem Concentrationsgrad. Schon Hr. v. Humboldt hat in seiner Abhandlung über die Zerlegung der Luft bemerkt, daß die verdünnte Salpetersäure mit Kupfer das reinste Stickstoffoxyd liefert. Wenn zugleich die Temperatur nicht steigt, so erhält man ein vom schwefelsauren Eisenoxydul vollständig verschluckbares Gas. Die Säure, deren Reaction von einer grossen Wärmeentwicklung begleitet wird, giebt es immer gemengt mit Stickstoff; die Säure endlich von 1,217, deren Wirkung bei -10° C. beginnt, giebt nur sehr wenig Stickstoffoxyd, aber viel Oxydul, wenn man sie in dieser Temperatur hält.

Aus den eben angeführten Thatsachen geht hervor, daß die Oxydation des Kupfers durch die Salpetersäure abhängt 1) von der Concentration der Säure, 2) von der Temperatur, 3) von der Anwesenheit des Stickstoffoxyds, und 4) von der Löslichkeit der Producte, die in der Säure selbst entstehen können.

Dasselbe gilt von allen übrigen Metallen, doch, nach deren Natur, mit Abänderungen, deren hauptsächlichste zu kennen wichtig ist.

Das *Silber* steht dem Kupfer zur Seite (ich lasse das Detail hier fort). Dasselbe gilt vom *Quecksilber*, welches von der Säure mit 1 Aeq. Wasser vollständig angegriffen wird, obgleich das dabei entstehende Product in dieser Säure unlöslich ist; allein dieser vollständige Angriff rührt von der Beweglichkeit der Quecksilbertheilchen her, die successive alle ihre Punkte darbieten.

Wismuth und *Zinn* zeigen einen eigenthümlichen Gang. Das Wismuth behält seinen Metallglanz bei $+20^{\circ}$

in den Säuren mit 1 und mit 2 Aeq. Wasser; in einer schwächeren Säure, mit 4 oder $4\frac{1}{2}$ Aeq., wird es äußerst heftig angegriffen, und in der bis 1,108 Dichte verdünnten Säure hält es sich wiederum. Es bedarf der Beihülfe von Wärme oder Stickstoffoxyd, damit die Wirkung beginne; und einmal eingeleitet, erleidet sie abseits des schwefelsauren Eisenoxyduls und der Kältemischung dieselben Einflüsse wie das Kupfer. Das Zinn weicht nur wenig vom Wismuth ab.

Das *Zink* besitzt einen eigenthümlichen Gang. Die Säuren mit 1 und mit 2 Aeq. Wasser greifen es nicht an innerhalb einer Kältemischung, deren Temperatur genau -18° C. seyn muß, wenn sie nicht niedriger ist. Das Metall bekleidet sich mit einer weissen, schwach gelblichen Schicht, die es vor weiterer Einwirkung schützt, so lange es in dem Kältgemisch ist, die aber bei Erhöhung der Temperatur ohne Zweifel löslich wird; denn so wie man die Röhre aus der Kältemischung nimmt, beginnt die Wirkung mit Heftigkeit und alles Metall wird gelöst.

In den Säuren mit 4, mit $4\frac{1}{2}$ und selbst mit noch mehr Aeq. Wasser wird das Zink noch nahe bei 0° mit ungemeiner Lebhaftigkeit gelöst; bei noch niedriger Temperatur behält es aber in denselben Säuren seinen Metallglanz. Läßt man es langsam die umgebende Temperatur wieder annehmen, so tritt die Wirkung mit aller ihrer Heftigkeit wieder hervor.

Die verdünnteren Säuren endlich greifen alle das Zink an, selbst in niedriger Temperatur. Man sieht, daß diese Operationen in ihren Phasen fast immer die umgekehrten von denen des Zinns und Wismuths sind.

Erst nachdem ich alle so eben beschriebenen Reactionen sorgfältig studirt hatte, wagte ich mich an die des *Eisens* zu machen. Ich fand sie mit so viel kleinen und seltsamen Umständen beschrieben, daß ich sie sehr oft wiederholte, ehe ich ganz an die Einfachheit

heit, welche ich entdeckte, glauben konnte. Ich brauche wohl nicht zu sagen, daß ich mich in dem Bereich der untersuchten Erscheinungen hielt, und die Contact-Effecte und elektrischen Phänomene ganz bei Seite liefs; ich konnte sogar die hauptsächlichsten, welche für das Eisen angegeben sind, niemals erhalten, was indess ohne Zweifel von meiner grossen Unerfahrenheit in dieser Art von Untersuchungen herrührt.

Kleine sehr gut polirte Eisenkugeln, in die Salpetersäure mit 1 und 2 Aeq. Wasser gebracht, bekleiden sich mit einer bald schwarzen, bald blauen, bald gelblichblauen Schicht, während einige Gasblasen entstehen, die sich lösen. Diese Farbentöne erinnern ganz an das Anlaufen. Das so bekleidete Eisen wird von keiner schwächeren oder stärkeren Säure angegriffen, sobald man wenigstens nicht die Temperatur erhöht. Die auf demselben sitzende Schicht besitzt nahezu die Eigenschaften des Eisenoxyduls, welches ich in der That unangreifbar von allen Salpetersäuren fand, es mochte dargestellt seyn durch Verbrennung von Eisen in Sauerstoff oder mittelst des Durchgangs eines starken Volta'schen Stroms durch Klavierdrähte, oder indem die angewandten Eisenkugeln einfach angelassen wurden.

Im ersten Fall herrscht eine Analogie mit dem Zink, das sich in der concentrirten Säure nur vermöge der erwähnten gelblichen Schicht erhält, sich aber sogleich in der Säure löst, wie wenig man auch deren Temperatur erhöht oder deren Wassergehalt vergrößert.

Die Säuren mit 4, $4\frac{1}{2}$ und selbst noch etwas mehr Aeq. Wasser lassen dem Eisen seinen ganzen Metallglanz, greifen es aber energisch an, so wie man sie erwärmt. Auch in diesem zweiten Fall hat das Eisen eine vollkommene Analogie mit dem Zink.

Endlich nahm ich eine sehr verdünnte Säure, oder vielmehr gofs Wasser zu der Säure, in welcher das Eisen seinen Metallglanz behielt. Sogleich sah ich die Wir-

kung beginnen, doch ohne Heftigkeit, und es bildete sich das zuerst von Hrn. Thénard beschriebene grüne Nitrat. Man sieht also, daß in allen Fällen zwischen dem Eisen und Zink Analogie besteht, bloß mit einem Temperatur-Unterschied, der beständig in Leichtigkeit der Oxydation dem Zinks den Vorzug giebt.

Antimon und *Arsen* unterscheiden sich von allen Metallen, die ich untersuchte.

Das *Arsen* wird in der gewöhnlichen Temperatur ($+20^{\circ}$ C.) von keiner Säure, weder der reinen noch der salpetrigen, angegriffen, welche Concentration sie auch habe.

Das *Antimon* wird nur von den concentrirtesten Säuren angegriffen, noch dazu schwach und ohne Gasentwicklung.

Nicht mehr greift diese Metalle ein Gemenge von Salpetersäure und Chlorwasserstoffsäure an, so lange nicht diese Säuren auf einander einwirken, was, wenn sie rein sind, eine Concentration derselben oder Anwendung von Wärme erfordert. Legt man dagegen Antimon oder Arsenik in ein sehr verdünntes Gemenge dieser beiden Säuren und setzt einige Tropfen salpetrigsauren Kalis hinzu, so beginnt die Reaction sogleich wie beim Kupfer und Wismuth.

Das Gemenge von Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure bleibt also ohne Wirkung, so lange es nicht so concentrirt oder so erwärmt ist, daß es Königswasser liefert. Es ist unnütz einen Strom von Chlorgas hineinzuleiten; es bedarf des Zusatzes eines salpetrigsauren Salzes oder vielmehr der Bildung von Königswasser, d. h. noch der Gegenwart von salpetriger Säure. Die Chlorwasserstoffsäure liefert zugleich ein Lösemittel und ein Zersetzungsagens, um zur Bildung von salpetriger Säure zu gelangen.

Mit dem *Platin* verhält es sich wie mit dem Antimon und Arsen; es bedarf aber, um angegriffen zu werden, einer höheren Temperatur. Indefs selbst bei

gewöhnlicher Temperatur der Atmosphäre und in einem zur Bildung von Königswasser nicht hinlänglich concentrirten Gemenge von Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure wird das Platin, unter Einfluss von salpetrigsaurem Kali, genugsam angegriffen, um sich aufzulösen und reichlich Krystalle von Kalium-Platin-Chlorid an die Wände des Glases abzusetzen. Diese Reaction erfordert indess zwei bis drei Tage und mehre successive Zusätze von salpetrigsaurem Kali.

Ich füge noch zwei Thatsachen hinzu, die, wie mir scheint, diese Theorie des Königswassers vollends erläutern.

1) Platinschwamm vier und zwanzig Stunden in Contact gelassen mit Wasserstoff-Bichlorid, welches unaufhörlich Chlor liefert, und Chlorwasserstoffsäure, verlor nur 1 Milligramm an Gewicht.

2) Platinschwamm, berührt von Chlor im Entstehungszustand und Salpetersäure, bei einer Temperatur von $+125^{\circ}$ C., — Bedingungen, welche die Einwirkung der Salpetersäure auf chlorsaures Kali verwirklicht — oxydirt und löst sich nicht, verliert nicht ein Milligramm an Gewicht.

Kurz, Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure vereinigt, Salpetersäure und Chlor vereinigt, Chlorwasserstoffsäure und Chlor vereinigt, greifen das Platin nicht an; kommt aber Stickstoffoxyd hinzu, in Gegenwart eines Lösemittels und bei hinreichender Temperatur, so wird das Platin angegriffen. Dieselben Principien, dieselben Einflüsse gelten für die Lösung des Platins, Arsens, Antimons und anderer Metalle. Was für ein Product entspringt aber aus der Wirkung des Stickstoffoxyds auf die Salpetersäure? Denn man sieht, dass hier der letzte Punkt des Problems liegt. Ein recht einfacher Versuch löst die Aufgabe.

Leitet man Stickstoffoxyd in Salpetersäure und bringt darauf die Flüssigkeit in eine Kältemischung, so kann man sie durch ein Alkali oder dessen Carbonat sättigen,

ohne daß sich eine Spur von Stickstoffoxyd entwickelt; es bildet sich salpétrigsaures Salz. Das Stickstoffoxyd bildet also mit Salpetersäure eine Verbindung und keine Lösung. Diese salpétrige Säure ist es, welche, bei verschiedener Temperatur und unter den zur Löslichkeit geeigneten Umständen, die Oxydation der Metalle bewirkt. Man begreift sonach, daß das Platin zugleich mit dem Silber angegriffen wird, wenn man eine Legirung beider mit Salpetersäure behandelt. Was den allgemeinen Gang der beschriebenen Oxydationen betrifft, so erklärt er sich ohne Mühe. Die salpétrige Säure bildet mit Kupfer, Quecksilber und Silber salpétrigsaure Salze, die, in dem Maasse, wie sie sich bilden, von der Salpetersäure zerstört werden. Diese Zerstörung giebt Anlaß zur Entstehung von Stickstoffoxyd, welches, wiederum Salpetersäure vorfindend, abermals salpétrige Säure bildet; daraus entspringt ein neuer Angriff und eine neue Zerstörung. Diese auf dem ersten Blick so sonderbaren Fortpflanzungsphänomene kommen also auf den ganz einfachen Fall zurück, wo eine aus Stickstoff und Sauerstoff bestehende Säure ihren Sauerstoff den Metallen abtritt, und sie erfordern zu ihrer Erklärung nur die gewöhnlichsten Grundsätze der chemischen Verwandtschaft.

X. *Ueber die Langsamkeit der Verdampfung in glühenden Gefäßen;*

von Hrn. Person in Rouen.

(Compt. rend. T. XV p. 492.)

Wenn Wasser auf eine sehr heiße Fläche geschüttet wird, so sammelt es sich bekanntlich in abgerundeten Tropfen, die nur mit auffallender Langsamkeit verdunsten, selbst wenn die Fläche glühend ist. Aus den Ver-

suchen von Klaproth scheint sogar hervorzugehen, daß die Verdunstung desto langsamer geschieht als die Fläche heißer ist.

Man ist nicht einig über den Zustand der Flüssigkeit. Nach Rumford, Klaproth und Hrn. Laurent berührt sie die Fläche wie ein Wassertropfen auf Kienrufs ruht oder ein Quecksilbertropfen auf Glas. Nach der gewöhnlichen Meinung ist die Flüssigkeit von der Fläche geschieden; aber kein positiver Versuch hat diese Trennung bewiesen ¹⁾. Ich habe eine Vorrichtung erdacht, mittelst welcher man zwischen der Fläche und der Flüssigkeit hindurchsehen kann. Der Zwischenraum ist ein sehr bestimmbarer Bruch vom Millimeter. Man gewahrt, daß er zu- oder abnimmt, je nachdem die Temperatur der Fläche höher oder niedriger ist.

Es fragt sich nun: welche Kraft hält sonach die Flüssigkeit? Es kann nicht die Abstosungskraft der Wärme seyn, wie einige Physiker glauben; denn die Molecularkräfte wirken nicht in merkliche Fernen. Inseme glaubt man, es sey die Kraft des Dampfs; eine Meinung, die dadurch bestätigt wird, daß die Erscheinung bei desto niedrigeren Temperaturen stattfindet, je flüchtiger die Flüssigkeit ist. In gewissen Fällen wird hier aber noch eine andere Kraft in's Spiel gesetzt. So z. B. findet die Erscheinung mit Wasser von 84° C. statt auf einer Fläche, die selber nicht 100° C. hat. Offenbar ist aber in diesem Fall die Kraft des Dampfs nicht fähig die Flüssigkeit zu tragen; diese wird alsdann von einem Gemenge von Luft und Dampf getragen. Die Vorgänge im Vacuo bestätigen diese, an sich schon einleuchtende Erklärung. Sobald die Flüssigkeit getrennt ist von der

1) Vielleicht kann man den von mir beschriebenen Versuch, gemäß welchem unter den genannten Umständen keine Elektrizitätsleitung zwischen Metall und Flüssigkeit stattfindet, als einen positiven Beweis der Art ansehen. S. Annal. Bd. LII S. 539. P.

Fläche, ist der Uebergang zu abgerundeten Tropfen eine ganz einfache Folge ihrer Anziehung auf sich selbst.

Die Temperatur der Flüssigkeit variirt mit der der Fläche. Wirft man ein Stückchen bei 95° C. schmelzbarer Legirung in den Wassertropfen, so hat man es in seiner Macht es zu schmelzen oder nicht, je nachdem man die Schale mehr oder weniger erhitzt. Mit sehr kleinen Thermometern fand ich 84° C. für die untere, und 100° C. für die obere Gränze. Auf einer fast ganz bedeckten Schale gelangt das Wasser auf 100° C., wenn die Oberfläche fast 360° C. hat.

Die Relation zwischen der Temperatur des Wassers und der, der fast mit Flüssigkeit bedeckten Oberfläche ist:

$$\tau = t + [0,0225(t + 75)]^4.$$

Wenn nur sehr wenig Wasser vorhanden ist, kann man dessen Temperatur aus der Zeit der Verdampfung ableiten. Man hat:

$$t = 469,6 \sqrt[6]{\frac{R}{\tau}} - 75.$$

R ist der Radius des Tropfens in Centimetern, τ die Zeit der Verdampfung in Secunden; hat man $\tau < 377 R$, so ist die Temperatur wenigstens 100°.

Ist das Wasser unter 100° C. und die Fläche sehr heiss, so begreift man, dass der Dampf unter der Flüssigkeit eine Kraft von einer Atmosphäre annehmen könne. Ist z. B. das Wasser auf 95°,5 C. und die Fläche ungefähr auf 320° C., so würde dies hinreichen, dem Dampf eine Kraft von $1\frac{1}{2}$ Atmosphäre zu geben, sobald er sich nicht ausdehnen kann. Daraus folgt, dass er unter der Flüssigkeit wohl eine Kraft von 1 Atmosphäre annehmen kann. Wenn aber das Wasser 90° C. hat, ist die Fläche beinahe in der Temperatur, auf welche der Dampf gebracht werden müsste, damit er, wäre er eingeschlossen, eine Kraft von einer Atmosphäre annehmen könnte.

Da er nicht genau unter der Flüssigkeit ist, so folgt, daß bei dieser Temperatur die Dazwischenkunft der Luft durchaus nothwendig ist.

Allgemein glaubt man, daß bei den Versuchen, die uns beschäftigen, das Wasser nicht sieden könne; allein das ist ein Irrthum. Ich habe sowohl in kleinen Tiegeln über der Weingeistlampe, als in großen in einer Esse das Sieden hervorgebracht, und dieß Sieden läßt sich nicht verwechseln mit dem, welches man bei Berührung erlangt. Außer dem ganz anderen Ansehen der Flüssigkeit ist die Zeit der Verdampfung nicht dieselbe. Für 4 Grammen z. B. findet man 75 Secunden ohne Contact und 15 Secunden mit demselben. Um das Sieden hervorzubringen bedarf es einer desto höheren Temperatur, je kleiner die Tropfen sind; und ein Grund davon liegt sichtlich in der Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst, denn aus der Convexität der Oberfläche erfolgt ein desto größerer Druck als der Krümmungshalbmesser kleiner ist.

Um die Langsamkeit der Verdampfung zu erklären, setzte Rumford voraus, daß ein großer Theil der einfallenden Wärme reflectirt werde; allein nach den Versuchen von Melloni hält die Reflexion nur etwa 0,04 von der einfallenden Wärme zurück. Nach Hrn. Pouillet könnte es geschehen, daß ein Theil der einfallenden Wärme durch die Flüssigkeit ginge, ohne sie zu erwärmen. Hr. Pouillet stellt übrigens diese Meinung nur als zweifelhaft auf, hinzufügend, daß der Gegenstand neue Versuche erfordere. Hr. Péclet giebt sie als sicher, und versucht damit sogar die Versuche von Klaproth zu erklären, bei denen in einem erkaltenden Gefäße die letzten Tropfen weniger lange verweilen als die ersten; aus Hrn. Melloni's Versuchen geht aber hervor, daß ein Tropfen Wasser von 2 Millim. kaum 0,06 der von einem glühenden Metalle ausstrahlenden Wärme durchläßt; für größere Tropfen ist der Wärmedurchgang fast

Null. Wenn man also zu Messungen übergeht, zeigt sich, daß die aus der Transmission der Wärme gezogene Erklärung ganz unzulänglich ist. Was die Versuche von Klaproth betrifft, so sagen wir hier bloß, daß alle Tropfen, vielleicht mit Ausnahme des ersten, zuletzt das Metall berührten; der erkaltete Theil des Gefäßes konnte sich genugsam wieder erwärmen, damit der folgende Tropfen nicht unmittelbar berührte; allein der Contact stellte sich natürlich schneller ein bei den letzten als bei den ersten Tropfen. Wenn kein Contact stattfindet, verweilen die Tropfen immer desto länger als die Fläche weniger heiß ist.

Wir bemerken hier, daß die Verdampfung bei dem in Rede stehenden Phänomen nicht so langsam ist als man gemeinlich glaubt; man kann sogar sagen, daß es keinen Dampfkessel gebe, in welchem sie so rasch sey. Denkt man sich einen kleinen kubischen Tiegel von 1 Centimeter Seite und beständig gefüllt, so verdampft in der Minute ungefähr 1 Gramm Wasser, vorausgesetzt, die Verdampfung geschehe wie im besten Dampfkessel. In demselben Gefäße wird man ohne Contact leicht eine doppelte Menge verdampfen, wenn man dahin gelangt, die Wände z. B. auf 1000° C. zu halten.

Die Physiker, welche sich mit der Verdampfung der Flüssigkeiten auf nicht von ihnen benäht werdenden Flächen beschäftigt haben, sprechen nur von der strahlenden Wärme. Allein die elastischen Flüssigkeiten geben 80 Mal mehr Wärme als die Strahlung bei etwa 200° C.; der Vorsprung bleibt auch jenseits der Rothgluth; erst gegen 900° C. stellt sich Gleichheit ein. Folgende zwei Versuche beweisen, daß die strahlende Wärme nur eine secundäre Rolle spielt.

1) In einer blanken und einer mit Kiennrufs überzogenen Silberschale geschieht die Verdampfung bei 3 oder 400° C. nahe in gleicher Zeit, obwohl die strahlende Wärme in dem einen Fall fünf bis sechs Mal größer ist als in dem andern.

2) In einem tiefen Tiegel und in einer fast ebenen Schale, beide zur Rothgluth gebracht, die ich auf nicht höher als 7 bis 800° C. setze, geschieht die Verdampfung fast in derselben Zeit, obwohl die strahlende Wärme in dem Tiegel fast doppelt so groß ist als in der Schale.

Ohne einen neuen Versuch zu machen, lässt sich die Wärme bestimmen, welche die Flüssigkeit in einem verschlossenen und auf einer festen Temperatur gehaltenen Tiegel durch Strahlung empfängt. Da nämlich die Flüssigkeit die Wände nicht berührt und isolirt in der Mitte einer Hülle sich befindet, so sind die von Dulong und Petit entdeckten Gesetze anwendbar.

Die empfangene Wärme ist genau die, welche eine Oberfläche gleich der der Flüssigkeit ausgeben kann; sie hängt nicht von den Dimensionen des Tiegels ab. Nimmt man den Tropfen als sphärisch und alle Wärme als zur Verdampfung verwandt, so giebt eine sehr einfache Integration:

$$\tau = \frac{6kr}{c}.$$

τ ist die Zeit der Verdampfung in Secunden; k ist die Wärme zur Verdampfung von 1 Grm. Flüssigkeit; 543 Einheiten für Wasser, nach Dulong, 208 für Alkohol, 91 für Aether, nach Despretz; r ist der Radius des Tropfens in Millimetern; c ist die von 1 Quadratcentimeter in der Minute unter den stattfindenden Umständen ausgegebene Wärme. Dulong und Petit's Versuche mit einem versilberten Thermometer, das 1500 Grm. Quecksilber enthielt, geben $c = 0,1785 a^t (a^{\theta} - 1)$, wo t die Temperatur der Flüssigkeit und $t + \theta$ die der Hülle ist.

Experimentirt man mit Tiegeln, die in einer festen Temperatur gehalten werden, und mit so kleinen Mengen Flüssigkeit, dass diese Temperatur nicht geändert wird, so findet man, wie die Formel angiebt, dass die Verdampfungszeit proportional ist dem Radius des Tropfens oder der Kubikwurzel aus dem Gewicht der Flüssigkeit.

sigkeit; sie ist auch proportional der Verdampfungswärme der verschiedenen Flüssigkeiten. Aus derselben Pipette gegeben, dauert demnach ein Tropfen Alkohol nur $\frac{2}{3}$ so lange als ein Tropfen Wasser, und ein Tropfen Aether nur halb so lange als ein Tropfen Alkohol. Schreitet man indess zu einer Prüfung, d. h. mißt man die Zeit der Verdampfung eines gegebenen Gewichts Flüssigkeit in einem auf bekannte Temperatur gehaltenen Tiegel, so findet man die von der Erfahrung gelieferte Zeit immer viel kürzer als sie nach der Formel seyn sollte. In niedrigen Temperaturen ist der Unterschied ungeheuer; und noch bei 800° C. geht er vom Einfachen aufs Doppelte, so daß jetzt die Schwierigkeit darin besteht, nicht die Langsamkeit, sondern die Schnelligkeit der Verdampfung zu erklären. Durch Abänderung des Coëfficienten 0,1785, der hier das Strahlungsvermögen mißt, gelangt man nicht zu einem guten Resultat, und man wird daher zu der Annahme geführt, daß die Flüssigkeit noch andere als strahlende Wärme empfangt.

Man sieht nicht sogleich, wie die elastischen Flüssigkeiten hier Wärme geben können, denn die von den Wänden erhitze Luft oder der von denselben erhitze Dampf kann kaum die Flüssigkeit berühren. Allein es ist nicht einmal nöthig, daß eine elastische Flüssigkeit mit einer Fläche in Berührung komme, um ihr Wärme zu ertheilen. Stellt man eine Weingeistlampe unter eine kalte Schale, so sieht man unter der ganzen Schale einen dunklen Zwischenraum von 3 bis 4 Millimetern; die Wärme, welche die Theilchen zum Glühen bringt, gelangt also zur Schale auf andere Weise als durch Berührung ¹⁾. Der dunkle Zwischenraum nimmt ab in dem Maasse als die Temperatur der Fläche steigt.

Es sey c' die Wärme, welche die elastischen Flüss-

1) Das scheint indess sehr zweifelhaft; denn der dunkle oder vielmehr nichtleuchtende Zwischenraum ist doch mit Kohlensäure und Wasserdampf im erhitzten Zustande erfüllt. P.

sigkeiten durchschnittlich in einer Minute unter den Umständen des Versuchs einem Quadratcentimeter geben. Setzt man:

$$\tau = \frac{6kr}{c+c'}$$

so kann man c' bestimmen. Dieses Maafs in gewissen Fällen annehmend, habe ich gefunden, dafs c' von der Form $n\vartheta^b$ war, worin n eine Constante $=0,507$ und b auch eine Constante $=0,92$, und ϑ der Unterschied zwischen der Temperatur der Fläche und der der Flüssigkeit.

n und b wurden an einem Wassertropfen von 12 Milligrammen bestimmt, allein diese Gröfsen sind für andere Mengen und andere Flüssigkeiten beinahe dieselben, weil zuvor der Versuch gegeben hat:

$$\tau : \tau' :: r : r' \quad \text{und} \quad \tau : \tau' :: k : k'.$$

Die vollständige Formel ist:

$$\tau = \frac{kr}{0,0297 a^t (a^\vartheta - 1) + 0,084 \vartheta^{0,92}}.$$

Hat man z. B. einen Wassertropfen von 12 Milligrammen, so zeigt die Formel, dafs er 97", 70", 32", 16" zur Verdampfung gebraucht, sobald der Tiegel von 200°, 300°, 500° und 800° C. ist; und wirklich er giebt sich dies Resultat mit solcher Annäherung, dafs man natürlich auf die Idee kommt, dies Verfahren zur Messung hoher Temperaturen anzuwenden. Und da diese Formel sich auch für andere Flüssigkeiten als Wasser bestätigt, so könnte man auf diese Weise die Verdampfungswärme vieler neu entdeckter Flüssigkeiten messen, die man oft nur in sehr geringen Mengen besitzt.

Durch die Methode der Mengungen maafs man die Temperatur der Gefäße, in welcher die Verdampfung geschah. Es ist zu bemerken, dafs der von der Verdampfung herrührende Wärmeverlust sehr gering ist, besonders in hohen Temperaturen, weil das Gefäß in die Flüssigkeit kommt ohne sie zu berühren.

Die Temperaturen wurden auf das Luftthermometer bezogen, mittelst einer Tafel, welche die specifische Wärme des Silbers bis zu dessen Schmelzpunkt giebt.

Man thut wohl zu bemerken, dass in mehreren Lehrbüchern der Physik eine Methode zur Elimination einer unbekannten specifischen Wärme angegeben wird, die aber unrichtig ist. Man kann allgemein beweisen, dass diese Methode genau dieselben Resultate liefert, wie wenn man die specifische Wärme constant setzte.

XI. *Ueber die Identität der verschiedenen leuchtenden, wärmenden und chemisch wirkenden Strahlen; von Hrn. Melloni.*

(*Compt. rend. T. XV p. 454. — Vergl. Annal. Bd. LVI S. 574.*)

Dies ist der Titel einer Abhandlung, die Hr. Melloni am 2. Febr. d. J. in der K. Academie der Wissenschaften zu Neapel gelesen und vor Kurzem in einem Exemplar an die (Pariser) Academie übersandt hat. Der Verf. erklärt sich darin für einen entschiedenen Anhänger der Undulationstheorie; nach ihm ist die *Emissionstheorie nicht mehr haltbar*. Folgendes sind die Schlüsse seiner Arbeit.

Licht, Wärme und chemische Wirkungen sind die Aeusserungen der Aether-Undulationen, welche die Sonnenstrahlung ausmachen. Die dunklen, mit chemischer oder thermischer Wirkung begabten Undulationen sind den leuchtenden vollkommen ähnlich; sie weichen nur in Länge von ihnen ab. Dieses unterscheidende Kennzeichen gehört aber nur der *Species*, nicht dem *Genus* an; und zwischen einem dunklen, chemischen oder thermischen Strahl und einem leuchtenden findet eine eben so grosse Verschiedenartigkeit statt als zwischen zwei

leuchtenden Strahlen von verschiedener Farbe. Zwar unterscheiden sich die leuchtenden Strahlen von allen übrigen durch ihre Sichtbarkeit; allein diese Eigenschaft entspringt aus einer wahrhaft *zufälligen Qualität*, und hat keine Wichtigkeit in Bezug auf die Strahlung an sich betrachtet. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur zu erwägen, daß die die optischen Phänomene erzeugende Eigenschaft des Erhellens und Beleuchtens dieser Reihe von Undulationen bei allen belebten Wesen mit der Zerstörung des Gesichtorgans vollständig verschwinden würde, ohne daß daraus die gegenseitigen Beziehungen der Elementarstrahlen oder das Verhalten dieser Strahlen zu der übrigen Natur die geringste Aenderung erleiden würde. Alsdann würden die Lichtstrahlen sich nicht mehr von einander, von den chemischen und den thermischen, jenseits der beiden Enden des Spectrums liegenden Elementen unterscheiden, als durch Unterschiede in der Diffusion, Transmission, Refraction und Absorption, Unterschiede, welche die wahrhaften analytischen Charaktere der elementaren Radiationen ausmachen.

Die Eigenschaft des Wärmens wurde bisher nur den farbigen und den dunklen, jenseits des Roth liegenden Strahlen beigelegt; den chemischen, oberhalb des Violett liegenden Strahlen sprach man sie ab. Wir haben sie auch für die letzteren Strahlen nachgewiesen; sie findet sich daselbst zwar nur in schwachem, aber unzweifelhaftem Grade. Es giebt überdies zwischen den dunklen chemischen Strahlen und dem leuchtenden Raum keinen plötzlichen Temperatur-Uebergang, sondern eine allmähige Abstufung wie in dem Rest des Spectrums. Auch in dem Sonnenlicht, welches von den vollständig adia thermisch scheinenden Systemen von Körpern durchgelassen wird, haben wir einige Spuren von Wärme gefunden. In einer neuen Reihe von Versuchen haben wir endlich die wahrhafte Ursache der Erscheinung entdeckt, daß das Temperatur-Maximum successiv in dem Roth, Orange

und Gelb zu finden ist, sobald man Prismen von Kron-
glas, Alkohol, Wasser und andern farblosen thermochroï-
schen Mitteln anwendet, oder sobald man das normale
Wärmespectrum durch eine mehr oder weniger dicke
Schicht einer solchen Materie leitet. Die Erscheinung
entspringt ohne Zweifel aus der Vermengung einer ge-
wissen Zahl dunkler Wärmestrahlen mit den unteren Far-
ben des Spectrums, Strahlen, die durch die verschiedent-
liche Thermochrose der Substanz des Prismas oder der
dazwischengesetzten Schicht mehr oder weniger absorbiert
werden. Wenn die rothen, orangenen, gelben Strahlen
völlig rein oder vollkommen von diesen heterogenen Strah-
len getrennt sind, *so bewirkt ihr Durchgang durch farblose
und thermochroïsche Mittel keine Veränderung mehr in
der Vertheilung der prismatischen Wärme, sondern
diese nimmt vom Gelb zum Roth beständig zu.*

Der so furchtbare Einwand, dafs das Temperatur-Maxi-
mum vom Roth zum Gelb fortrückt, während das Licht-
Maximum unverändert in dieser letzten Zone des Spectrums
bleibt, verliert also seine Wichtigkeit, und erklärt sich
ganz natürlich aus dem früher auseinandergesetzten Prin-
cip der relativen Transparenzen.

Wir werden das Detail der Versuche über diesen
Gegenstand anderswo geben, und bemerken hier blofs,
dafs ihre Resultate die Identitätstheorie immer mehr be-
festigen, und das im Laufe dieser Abhandlung hinsicht-
lich des Vorwaltens der Wärme über das Licht angenom-
mene Fundamentalprincip aufser Zweifel setzen.

Behalten wir also, dafs das Wärmevermögen eine
allgemeine Eigenschaft aller durch die Lichtquellen in
Schwingungen versetzten Strahlen ist. Die Eigenschaften
des Leuchtens und des chemischen Wirkens gehören
nur gewissen Species an, und sie zeigen zuweilen das
Auffallende, zu gleicher Zeit verschiedene und selbst ent-
gegengesetzte Wirkungen hervorzubringen auf das Instru-
ment oder das Organ, welches bestimmt ist uns ihr Da-
seyn und ihre Beschaffenheiten zu offenbaren. Wenn

man sonach mit zwei empfindlichen Papieren die Vertheilung und die Intensitäten der in dem Sonnenspectrum enthaltenen chemischen Strahlen erforscht, so findet man das Maximum der Wirkung für das eine z. B. im Indigo, für das andere im Violett oder in der daran stossenden dunklen Zone; ebenso zeigt der wenigst brechbare Lichtstrahl des Spectrums ein hervorstechendes Roth für das gewöhnliche Auge, und verschwimmt mit Blau und Grün für die Augen einiger Beobachter. Die jenseits des Violett liegenden Strahlen sind unsichtbar für die gewöhnlichen Augen und sichtbar zum Theil für gewisse Individuen.

Allein die Allgemeinheit, die Beständigkeit oder Unbeständigkeit sind nicht die einzigen Kennzeichen, welche die drei Wirkungen der strahlenden Quellen von einander unterscheiden. Die Gränzen, zwischen welchen in dem Sonnenspectrum die leuchtende Wirkung sich entfaltet, weichen von denen ab, innerhalb derer die wärmenden und chemischen Wirkungen sich erstrecken; die höchste Temperatur darin ist gänzlich getrennt von dem stärksten Lichtglanz oder der kräftigsten chemischen Wirkung.

Die Transparenz der Körper für Wärme scheint in gewissen Fällen ganz unabhängig zu seyn von ihrer Transparenz für Licht; gewisse opake Substanzen werden nämlich von der Wärme ganz frei durchstrahlt; andere dagegen fangen fast alle Wärme auf und sind durchgänglich für Licht. Weisse Körper senden zuweilen mittelst Diffusion die einfallenden Wärmestrahlen zurück und zuweilen absorbiren sie dieselbe. Klare und farblose Mittel, denselben Strahlen ausgesetzt, fangen sie auf und erwärmen sich in gewissen Fällen, während sie unter andern Umständen dieselben frei durchlassen und keine Temperaturveränderung erleiden, so daß diese verschiedenen Substanzen, befreit von jeder Art anscheinender Färbung, sich in Bezug auf die Wärmestrahlen begabt

erweisen mit einer *auswählenden Absorptionskraft*, der ganz ähnlich, welche die Farben auf die Lichtstrahlen ausüben. Andere Körper ermangeln dieser auswählenden Fähigkeit, und wirken auf die Wärmestrahlen wie die eigentlich weissen Substanzen auf die Lichtstrahlen. Analoge Thatsachen beweisen, daß gewisse weisse Körper und gewisse farblose Mittel eine ähnliche, aber von der auswählenden Wärme-Absorption verschiedene Kraft für die chemischen Strahlen besitzen.

Diese Mannigfaltigkeiten hinsichtlich der Lage im Sonnenspectrum, diese Mannigfaltigkeiten in Weisse bei opaken Körpern, in Transparenz und Färbung bei diaphanen Körpern, verglichen mit der Einförmigkeit der Gesetze, welche die Bewegung und die allgemeinen Abstufungen der drei Strahlenarten beherrschen, bieten dem Verstande eine ungeheure Complication dar, die mit dem gewöhnlichen, so einfachen Gang der Natur im vollen Widerspruch steht. Nimmt man aber an, es finde zwischen den Vibrationen des Aethers und den wägbaren Theilchen Synchronismus, so wie zwischen den drei Agentien Identität statt ¹⁾, Annahmen, die aus der dem Un-

1) Ich bitte den Leser wohl zu bedenken, daß der Satz von der Identität des Lichts und der Wärme, so wie er von meinen Vorgängern aufgestellt ward, nur eine willkürliche, oder, besser gesagt, eine ganz vorzeitige Hypothese war. Und in der That, wie konnte man den Wärmestrahle aus siedendem Wasser oder irgend einer anderen niederen Wärmequelle mit einem Lichtstrahl vergleichen, damals als man glaubte ein solcher Wärmestrahle gehe nicht unmittelbar durch starre Körper und zerstreue sich nicht, nach Art der Lichtstrahlen, durch Strahlung ringsum von jedem Punkte matter Flächen aus? Auch war der Satz von der Identität so übel von meinen Vorgängern verstanden, daß sie die dunklen, brechbarsten Strahlen des *Sonnenspectrums* (die *chemischen Strahlen*) verglichen mit der irdischen strahlenden Wärme, die durch Temperatur-Erhöhung anfängt sichtbar zu werden, und daß sie die Ursache der blauen oder violetten Farbe, die bei gewissen Flammen zuerst zum Vorschein kommt, aus dieser Parallele herleiteten! (Biot, *Traité de phys. T. IV p. 617.*)

Undulationssystem zum Grunde liegenden Hypothese so natürlich hervorgehen, so fließen alle diese verschiedenartigen Wirkungen, diese vielen, anscheinend in keiner Beziehung stehenden Thatsachen wie durch Zauber in Eins zusammen, und bilden eine einzige Theorie, die sowohl durch die Einfachheit des Principis als durch den Reichthum der Folgerungen bewundernswürdig ist.

Die Wärme, welche in den von diesen Strahlen getroffenen Körpern entwickelt wird, besteht in der von den Aetherpulsationen den wägbaren Massen mitgetheilten Bewegungsgröße; das Licht in den, mit einer gewissen Reihe Aetherundulationen synchronen Molecular-Oscillationen der Netzhaut und der äußeren Gegenstände; und die chemische Action in der Trennung der Atome, veranlaßt durch die ungemeine Heftigkeit, mit welcher zuweilen diese selben synchronen Vibrationen der Körper vor sich gehen.

Die Aetherundulationen hören auf sichtbar zu seyn, sobald ihre Pulsationen zu rasch oder zu langsam sind, um, vermöge eines ganz der Resonanz ähnlichen Vorgangs, die Netzhaut in Schwingungen zu versetzen. Sie erzeugen dagegen das *Maximum* der Licht-Empfindung, wenn sie sich im größtmöglichen Accord mit der *Elasticität* der die Netzhaut constituirenden Nervenmolecule befinden.

Aus demselben Grunde sind gewisse Aetherundulationen unfähig chemische Reactionen zu erregen, während andere diese Eigenschaft im höchsten Grade besitzen.

Es folgt daraus, daß die chemische Wirkung und das Licht mehr von der *Qualität* der Undulationen als von ihrer *Impulsionskraft* oder ihrer *Bewegungsgröße* abhängen. Man begreift alsdann vollkommen, warum die hellste Zone und die chemisch wirksamste nicht mit der Zone höchster Temperatur zusammenfallen. Man begreift auch, warum die Wirkungen, welche die verschiedenen

prismatischen Strahlungen auf die empfindlichen Papiere und auf das Auge gewisser Individuen hervorbringen, sich ändern mit den photogenischen Substanzen und der Elasticität der Netzhaut des Beobachters.

Die veränderlichen Effecte der Diffusion, Transmission und Absorption, welche die weissen und die farblosen Substanzen darbieten, entspringen aus einer wahren *Färbung* der Körper in Bezug auf die chemischen und die dunklen wärmenden Strahlen, einer *Färbung*, die unsichtbar ist, wie die Strahlen, die ihr angehören, weil die zerstreuten, durchgelassenen oder verschluckten Aetherundulationen genau diejenigen sind, welche wegen ihrer zu raschen oder zu langsamen Oscillationen die Gränzen der *Molecular-Elasticität* des optischen Nerven überschreiten, und deshalb daselbst keine Art von leuchtender Vibration hervorbringen können.

Papier ist weiss, weil seine Molecular-Constitution ihm die Eigenschaft ertheilt, mit gleicher Kraft zu schwingen vermöge aller sichtbaren Undulationen des Spectrums, die daher sämmtlich eine gleiche Diffusion erleiden. Wasser ist klar, weil seine Molecular-Constitution ihm erlaubt, die Gesamtheit dieser selben Elemente des Spectrums gleichförmig durchzulassen. Allein die Undulationen, die länger als die rothen sind und die Phänomene der dunklen Wärme hervorbringen, können weder vom Papier zerstreut, noch vom Wasser durchgelassen werden; mithin sind diese beiden Körper *gefärbt*. Diese *Farben*, welche wegen der Unvollkommenheit des menschlichen Auges, die ganze Reihe der Aetherundulationen wahrzunehmen, nicht zur Sichtbarkeit gelangen, lassen sich auf eine unwiderlegliche Weise mittelst der thermoskopischen Instrumente nachweisen, da sie die Gegenwart der zerstreuten oder durchgelassenen Undulation durch die Bewegung des thermoskopischen Zeigers angeben, dagegen unbeweglich bleiben, sobald die Undulation vermöge der *färbenden Kraft* ausgelöscht ist. Das-

selbe gilt von den Erscheinungen der *farbigen Weisse*, die von den dunklen jenseits des Violetts liegenden Strahlen herrühren; diese Erscheinungen werden durch die chemischen Reagenzien sichtbar.

Vorgänge derselben Art finden im Innern *opaker Mittel* statt; alsdann werden alle Lichtelemente aufgefangen durch die *diathermische Farbe* des Körpers, welche nur einer gewissen Gruppe von Aetherwellen, von längeren als die letzten rothen, freien Durchgang gestattet.

Die Erwärmung einer weissen Substanz, die der successiven Wirkung aller Strahlenarten ausgesetzt wird, ist nicht proportional der *Impulsionskraft* der einfallenden Wellen, weil die unsichtbaren Elemente fast alle absorbirt und die übrigen stark zurückgeworfen werden; allein ein geschwärzter Körper sendet eine gleiche und ungemein kleine Portion aller Wellenarten zurück, und erlangt eine desto höhere Temperatur, als die einfallende Strahlung eine gröfsere Bewegungsquantität enthält.

Die Wärme ist demnach das einzige Agens, welches die relativen Kräfte oder Intensitäten der die Strahlung der Sonne oder irdischen Quellen zusammensetzenden Elementarstrahlen zu messen im Stande ist. Das Licht und die chemische Wirkung können nicht zu diesem Zwecke dienen, da sie nicht immer proportional der Stärke der wirkenden Ursache sind; sie repräsentiren nur die verschiedenen Effecte der gröfseren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die wägbaren Theilchen der Oberflächen der Körper den Perioden der Aetherundulationen folgen.

XII. Ueber Sauerstoffgas-Entwicklung aus dem organischen Absatz eines Soolwassers;
von F. Wöhler.

(Aus einem Briefe an Prof. Ehrenberg.)

— In einer Abhandlung über die Zusammensetzung der Salzsoolen zu Rodenberg in Hessen ¹⁾ erwähnt Hr. Pfankuch der merkwürdigen Erscheinung, daß die schleimige Masse, die sich dort in den Soolkästen bildet, ein Gas einschließt, welches reines Sauerstoffgas ist. Ich habe in diesem Sommer Gelegenheit gehabt, dieses Phänomen an Ort und Stelle zu sehen, und will Ihnen meine Beobachtungen darüber mittheilen, da vielleicht in dem Gebiete Ihrer Forschungen weitere Resultate daraus gezogen werden können. — Die schleimige Masse, in der sich das Gas entwickelt, bildet sich unter der Salzsoole auf dem Boden der hölzernen Soolkästen, nämlich der offenen kastenartigen Kanäle auf der Höhe der Gradirhäuser, aus welchen man die Soole auf die Dornenwände fließen läßt. Diese bleibt darin, durch Pumpen hinaufgehoben, ungleich lange Zeit dem freien Zutritt der Luft und der vollen Wirkung des Sonnenscheins ausgesetzt. Sie sieht vollkommen klar aus, und enthält ungefähr 5 Proc. Salz, dabei so viel Gyps, daß sich die Dornen allmählig mit einer dicken Krystallisation davon umgeben. Die Soole auf dem Gradirhaus, wo sich der Schleim bildet, ist bereits ein Mal gradirt. Frisch aus dem Schacht, einem 500 Fufs tiefen Bohrloch, gepumpt, enthält sie, außer freier Kohlensäure, eine so bedeutende Menge von Schwefelwasserstoffgas, daß sie für ein Schwefelwasser gelten könnte. In den Soolkästen jedoch, nach dem einmaligen Fall, ist sie ganz geruchlos gewor-

1) Annalen der Chemie und Pharm. XLI. S. 162.

den. Hier bildet sich nun darin in den Sommermonaten, bei anhaltend klarem und warmem Wetter, eine schleimige, durchscheinende Masse, die in großer Ausdehnung den Boden der Soolkästen $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll hoch bedeckt. Sie hat eine unbestimmt graulich-gelbliche Farbe und eine zähe, häutige Beschaffenheit, nicht unähnlich einer halb zergangenen thierischen Membran. Selbst nach dem Auswaschen hat sie einen, so zu sagen fisch- oder seeartigen Geruch. Ueberall ist sie mit größeren, oft mehrere Zoll breiten Luftblasen erfüllt, die sie so fest einschließt, daß sie nicht von selbst daraus entweichen können, die aber in Menge emporsteigen, sobald man mittelst eines Stocks die Häute zerreißt. Nichts ist leichter, als diese Luft zur Untersuchung aufzusammeln, denn die Menge der Luftblasen ist so groß, daß man zu der Zeit, als ich dort war, in Kurzem Hunderte von Bouteillen voll hätte auffangen können. Diese Luft ist so reich an Sauerstoffgas, daß ein hineingeführter glimmender Span sich entzündet und mit glänzendem Feuer verbrennt. Ich habe sie analysirt: sie enthielt dem Volumen nach 51 Procent Sauerstoffgas und 49 Stickgas. Ich zweifle nicht, daß diese Luft ursprünglich reines Sauerstoffgas gewesen ist, das sich aber, wie Gas in einer thierischen Blase, allmählig mit atmosphärischer Luft auswechselte, besonders wenn der Wasserstand in den Soolkästen, wie es häufig der Fall ist, sehr niedrig war, und dadurch die schleimige Masse mit ihren Blasen mit der Luft fast in Berührung kam. Auch schien das Gas, welches ich acht Tage früher, nach vorbegegangenem sehr niedrigem Wasserstand aufgesammelt hatte, bloße atmosphärische Luft gewesen zu seyn, da ein glimmender Span sich darin nicht entzündete.

Bei der mikroskopischen Betrachtung der schleimigen, membranösen Masse, bei 230 facher Vergrößerung, fand ich zu meiner Verwunderung, daß sie fast ganz aus lebenden, sich bewegenden Infusorien bestand, und zwar

hauptsächlich aus den *Navicula*- und *Galionella*-Arten, welche Sie in dem Freiburger papierartigen Gebilde und in dem Kieselguhr von Franzensbad gefunden haben. Anfangs schien es mir, als ob diese Membran allein von diesen Infusorien gebildet wären; aber bei schärferer Betrachtung zeigte es sich, daß sie mit höchst zarten, jedoch farblosen Confervenfäden verwebt, gleichsam verfilzt waren. An einigen Stellen in den Soolkästen hatte der Schleim eine schwach grünliche Farbe, in diesem zeigten sich die Conferven mehr entwickelt, und man erkannte darin auch viele *Oscillatorien*. Nachdem ich den Schleim vierzehn Tage lang in Salzwasser aufbewahrt hatte, lebten die Infusorien noch; die meisten schienen aber, wenn ich mich nicht täuschte, eine grünliche Färbung angenommen zu haben, so wie sich auch unterdessen die Conferven deutlicher entwickelt und grün gefärbt hatten.

Um die Kieselskelette darzustellen filtrirte ich eine Portion reiner Schleimmasse ab, wusch die Salzlösung mit reinem Wasser vollständig aus und liefs sie dann trocknen. Sie bildete eine leichte, weißliche, papierähnliche Masse, die bei der trocknen Destillation ammoniakalische, also stickstoffhaltige Producte lieferte. Beim Verbrennen an der Luft hinterliefs sie eine grofse Menge weißer Asche, aus welcher Salzsäure ziemlich viel kohlensauren Kalk auszog, der übrigens, wie ich mich durch einen Versuch überzeugte, schon in dem unveränderten Schleim enthalten und offenbar aus der Salzsoole niedergefallen war. Die nach der Behandlung mit Salzsäure übrigbleibende weißse Erde bestand, wie die mikroskopische Betrachtung zeigte, aus Kieselskeletten, die noch so unverändert und scharf die Form der Infusorien hatten, daß man den frischen Schleim zu betrachten glaubte. Nur fehlten in ihnen jetzt die blasenartigen Punkte oder Organe, welche in den lebenden Thieren enthalten sind, und wie eingeschlossene Luftbläschen aussehen.

Woher kommt nun das Sauerstoffgas, von den Conserven oder von den Infusorien? In Betracht seiner grossen Menge und der so sehr überwiegenden Menge der Infusorien, sollte man denken von diesen; allein dieß wäre gegen alle Analogie. Oder soll man aus der Erscheinung vielleicht zu der Vermuthung geführt werden, daß diese Organismen, welche die Hauptmasse dieser gelatinösen Membranen ausmachen und die wir für Thiere halten, in der That mit Bewegung begabte Pflanzen sind? Muß man sie aber für Thiere halten, und ist das Sauerstoffgas ein Product der Vegetation der Conserven, so steht vielleicht die Existenz dieser zusammenlebender, so innig verwebten Pflanzen- und Thier-Organismen in einer wechselseitigen Abhängigkeit; ich meine, vielleicht leben die Conserven unter dem Einfluß des Lichts von Kohlensäure, welche, wie man wohl vermuthen darf, von den Infusorien producirt wird.

XIII. *Zusatz zu der vorstehenden Mittheilung;*
von C. G. Ehrenberg.

Ihre Mittheilungen, mein sehr verehrter Freund, über die Sauerstoffgas-Entwicklung der organischen (Priestley'schen) Materie auf der Rodenberger Saline bin ich weit entfernt, obwohl Sie es erlaubten, irgend wie in der Publicität zu beschränken; ich kann es nur als ein Glück ansehen, daß ein solcher Chemiker sich von selbst angeregt gefühlt hat, über die so wichtige Sache nach dem jetzigen Stande der Chemie wieder zu experimentiren und zu sprechen.

In dem Buche *über die Infusionsthierchen als vol-
 lendete Organismen*, 1838, habe ich mich, S. 65, 108,
 120, so wie am Ende, S. 523, auch über die Sauer-
 stoffgas-Entwicklung der Infusorien ausgesprochen, und

namentlich S. 120 und 108 festzustellen gesucht, daß das, was Priestley zu seinen, für alle Zeiten denkwürdigen, Versuchen benutzte, aber selbst nicht genau kannte, wirklich Thiere und nicht Pflanzen gewesen sind, namentlich *Chlamidomonas Pulvisculus* und *Euglena viridis*. Die von Ingenhousz gegebenen Abbildungen erlauben diesen Schluß. Schrank behauptete zwar 1811 und 1813, daß nur die Conferven, welche er *Jugales* nennt (*Coniugatae*, *Zygnemata*) das Oxygengas entwickelten, und die herrschend gewordene Idee, daß nur Pflanzen Sauerstoffgas aushauchten, begünstigte seine Meinung. So ist es denn geschehen, daß man immerfort, ohne genaue Untersuchung und ohne scharfen Beweis, jene Priestley'sche Haupt-Materie für pflanzlich erklärte. Die Anhänger der *Generatio spontanea* behaupteten überdies, ebenfalls ohne hinreichend sicheren Beweis, daß jeder Thierbildung eine Art von Vegetation der Materie vorausgehe.

Ganz neuerlich haben nun die Herren Auguste und Charles Morren in den Brüsseler akademischen Schriften (1841) die Gasentwicklungs-Versuche, welche durch Priestley so wichtig geworden sind, wiederholt, und das Resultat ihrer Untersuchung ist: daß aus dem Wasser sich nur unter Mitwirkung gewisser organischer Verhältnisse »Gas« entwickelt, und daß dieses »Gas« bis 61 Procent Sauerstoffgas in seiner Mischung enthalten könne, was gegen A. v. Humboldt's und Gay-Lussac's Angaben streite, die der vom Wasser absorbirten Luft nur 32 Proc. davon zugeständen. Enthalte die gewöhnliche »Wasserluft« nur 18 bis 20 Proc. Sauerstoffgas, so können, meinen sie, die Fische darin nicht leben, und es trete das bekannte periodische allgemeine Fischsterben ein. Es heist in dieser Abhandlung S. 29: *D'après tout ce qui précède on voit évidemment, que c'est au Chlamidomonas pulvisculus d'Ehrenberg et à quelques autres peu nombreux animalcules verts, encore moins élevés dans la série, qu'est dû exclusivement*

le phénomène de l'oxygénisation. Ueberdies wird von ihnen noch *Disceraea purpurea*, (*Gyges sanguineus* Shuttl.?) als Sauerstoffgas entwickelnd, genannt, eine Form, die wohl auch der Gattung *Chlamidomonas* angehört.

Sonderbar und auffallend ist, daß die HH. Morren ihren Aufsatz überschrieben haben: *Recherches sur les Hydrophytes de la Belgique*, während sie doch viel von den Infusorien handeln. Sollten sie dadurch die Idee geltend machen wollen, daß die Infusorien pflanzlich wären, so fehlt es doch bei ihnen an jedem gültigen Beweise dafür, während die Aufnahme von Indigo in aller Magenzellen selbst der *Naviculae*, *Euglenae*, *Closteria* etc. samt Ortsveränderung und einziehbaren Bewegungsorganen auch bei *Surirellen* von mir scharf nachgewiesen ist. Daß jeder rothe Punkt ein Auge sey, war mir nie eingefallen zu behaupten, und die dortige Widerlegung also nicht nöthig und nicht wissenschaftlich, so wenig als die Zurechtweisung über das blutige Wasser zu Mosis Zeit aus *Euglena sanguinea*, vor dessen Deutung die belgischen Gelehrten wunderbarerweise erschrecken.

Die Beobachtungen der HH. Morren rücksichtlich der Procente des Sauerstoffs in der »Wasserluft« scheinen mir durch Ihre Beobachtung und Darstellung erst Klarheit zu erhalten. Allerdings mag darin gar kein wichtiges Moment liegen, ob zuweilen in »Wasserluft« 50 oder 61 Procent Sauerstoffgas enthalten sind. Vielmehr mag es wohl so seyn, wie Sie es darstellen, daß auch, wo sich reines Sauerstoffgas entwickelt, dieses mit atmosphärischer Luft sehr bald vermenget wird, und man dann mithin alle Uebergänge der Procente haben kann.

Uebrigens ist der Körper, welchen Sie beobachteten, der Probe nach, die von mir in dem größeren Infusorienwerke beschriebene, aber nicht abgebildete *Frustrula salina* aus der Koenigsborner Soole und die kleine Alge, welche sich hie und da in der Gallerte ¹⁾ der

1) Die gallertige Masse ist die Hülle (der gemeinsame Panzer) der *Frustrulien*.

Frustulia mit eingenistet hat, ist *Hygrocrocis virescens*, eine bisher unbeschriebene, aber mir aus ähnlichen anderen Verhältnissen sehr bekannte überaus feine Alge, keine *Oscillatoria*, welche der Gattung *Leptomitus* nahe steht, jedoch von mir auch sonst nur in gallertigen Unterlagen gesehen worden ist. Waren diese allemal nur zufällig und fremdartig, so gehörte die Form entschieden zur Gattung *Leptomitus*, im Sinne, nicht von Agardh, sondern von Biasoletto und schlosse sich an dessen *Leptomitus Pulegi* an. Uebrigens finden sich auch andere Bacillarien-Formen zerstreut in der Masse, diese sind aber offenbar hier untergeordnet und zufällig.

Möchten Sie doch sich veranlaßt fühlen diese wunderbare, offenbar thierische, nicht pflanzliche Sauerstoffgas-Entwicklung durch die Ihnen gewohnten genauen Experimente noch weiter zu verfolgen. Gern werde ich, was in meinen Kräften steht, zur klaren Feststellung der Objecte beitragen.

XIV. *Ueber den Stand des Rheins bei Basel und über die fortdauernde Abnahme von dessen Wassermenge in den letzten 30 Jahren; von Hrn. Rathsherrn Peter Merian in Basel.*

(Aus dem von der naturforschenden Gesellschaft in Basel mitgetheilten Bericht über ihre Verhandlungen, No. IV S. 82.)

Auf Veranlassung des verstorbenen badischen Wasserbau-Inspectors Tulla läßt die hiesige obrigkeitliche Baubehörde seit dem Monat März 1808 regelmäßige Beobachtungen über den Wasserstand des Rheins bei unserer Rheinbrücke anstellen, welche seit jener Zeit ohne Unterbrechung fortgesetzt worden sind. Der Rheinmesser ist damals schon, zur Uebereinstimmung mit den ba-

dischen Pegeln an verschiedenen Punkten unterhalb Basel in neue badische oder neue schweizer Fufs zu 0,3 Meter eingetheilt worden. Sein Nullpunkt ist willkürlich, jedoch so angenommen, dafs derselbe vom niedrigsten Wasserstande nicht erreicht wird. Die Beobachtungen der vollständigen 30 Jahre von 1809 bis 1838 geben für den Rheinstand folgende monatliche Mittel:

Neue schweizer Fufs.			
Januar	4,26	Juli	9,39
Februar	4,29	August	8,50
März	5,28	September	7,41
April	5,96	October	5,82
Mai	7,64	November	5,55
Juni	8,92	December	5,16.

Winter (d. h. Dec. Jan. Febr.)	4,57
Frühling (März, April, Mai)	6,29
Sommer (Juni, Juli, Aug.)	8,94
Herbst (Sept., Oct., Nov.)	6,26
Winterwasser (1 Nov. bis 30. Apr.)	5,08
Sommerwasser (1. Mai bis 30. Oct.)	7,95
Jahresmittel	6,514.

Das Wasser hat demnach im Durchschnitt im Monat Januar seinen niedrigsten Stand, wächst regelmässig bis in den Monat Juli, und nimmt von da an regelmässig wieder ab. Dieser Gang beweist, dafs der gröfsere Theil der Wassermasse, welche bei Basel durch den Rhein abfliefst, von dem Schmelzen des Schnees der Hochgebirge herrührt, und ist durchaus verschieden von der Art der Zu- und Abnahme derjenigen Flüsse, die nicht in Schneegebirgen entspringen. Die *Elbe* bei Magdeburg z. B. und die *Oder* bei Küstrin stehen am höchsten im Monat März, am tiefsten im September oder October (siehe Tabellen bei Berghaus Länder und Völ-

kerkunde, 2. Theil). Tiefer bei Köln und Emmerich nimmt der *Rhein* den gedoppelten Charakter eines Hochgebirgsflusses, und eines Flusses niedrigerer Gegenden an. Sein Wasserstand ist am tiefsten im October, wächst dann bis zum Februar oder März, nimmt wieder ab bis zum Mai, um im Juli wieder zu einem zweiten Maximum zu gelangen.

In dem oben angegebenen 30jährigen Zeitraum fand der niedrigste jährliche-Mittelstand des Rheines bei Basel statt im Jahr 1832 4,53
der höchste im Jahr 1816 mit 8,41

Unterschied 3,88

Der tiefste monatliche Mittelstand im Jan. 1830
und Jan. 1833 betrug 2,35
Der höchste im Juli 1817 14,16

Unterschied 11,81

Das höchste bezeichnete Wasser, den 31. Dec.
1801 stand auf 21,8

Das niedrigste innerhalb den obigen 30 Jahren
beobachtete den 4. Febr. 1830 0,9

20,9.

Berechnet man, nach den von Escher ausgemittelten Zahlen (Naturw. Anzeiger für 1821), die Wassermassen, welche in einzelnen Jahren durch den Rhein abgeflossen sind, so ergeben sich für 1832 752 Millionen Kub. Ruthen (zu 1000 Schw. Kub. Fufs); für 1816: 1312 Millionen, oder ein Verhältnifs der Wassermassen in diesen beiden Jahren von etwa 5 zu 9. Der Pegelhöhe von 0,9 entspricht eine tägliche Wassermasse von 1,153,000 Kub. Ruthen; derjenigen von 22' eine solche von 11,828,000; beim höchsten Stande am 31. Dec. 1801, wäre folglich die Wassermenge ungefähr das Zehnfache von derjenigen beim niedrigsten Stande am 4. Februar 1830.

Wird der mittlere Rheinstand von 10 zu 10 Jahren

berechnet, so ergeben sich aus den Beobachtungen des Baseler Pegels folgende Zahlen:

	von 1809 bis 1818	von 1819 bis 1828	von 1829 bis 1838	Unter- schied von Col. III und I.
Winter	4,71	4,65	4,35	0,36
Frühling	6,80	6,14	5,93	0,87
Sommer	9,67	8,87	8,27	1,40
Herbst	6,31	6,22	6,24	0,07
Herbst und Winter .	5,51	5,44	5,30	0,21
Frühling und Sommer	8,24	7,50	7,10	1,14
Winterwasser	5,34	5,08	4,83	0,51
Sommerwasser	8,41	7,86	7,56	0,85
Jahr	6,873	6,472	6,198	0,675

Es stellt sich demnach in den letzten 30 Jahren eine fortschreitende, ziemlich bedeutende Verminderung der Rheinhöhen dar. Auf den ersten Blick könnte man die Frage aufwerfen, ob diese Erscheinung nicht in einer allmähigen Vertiefung des Rheinbettes ihren Ursprung haben könnte, wodurch der Wasserstand am Pegel erniedrigt würde, ohne daß damit eine eigentliche Verminderung der Wassermasse verbunden wäre. Allein abgesehen davon, daß das Rheinbett bei Basel wenig Aenderungen unterworfen ist, und namentlich in dem verhältnißmäßig kurzen Zeitraum von 30 Jahren eine so beträchtliche Aushöhlung, wie erfordert würde, an sich höchst unwahrscheinlich ist, stellt sich diese Erklärungsweise schon deshalb als unstatthaft dar, weil die Erniedrigung in den verschiedenen Jahreszeiten so ungleichmäßig ist, daß die Unterschiede des Mittels von 1829 bis 1838 gegen das von 1809 bis 1818 im Herbst bloß 0,07, im Sommer hingegen 1,40 betragen, eine Vertiefung des Rheinbettes sich aber gleichförmig in den Wasserständen aller Jahreszeiten äußern müßte. Es kann folglich die fortschreitende Verminderung der Mittelzah-

len nur in einer entsprechenden fortschreitenden Verminderung der Wassermasse des Rheins ihre Ursache haben. Es liesse sich die Vermuthung aufstellen, diese unzweifelhafte Abnahme der Gewässer sey nur eine vorübergehende, indem auf die regenreiche Periode von 1809 bis 1818 eine Reihe von trocknen Jahren gefolgt ist, die eine Verminderung aller Quellen hat herbeiführen müssen; in folgenden regnerischen Jahren könnte aber deren frühere Fülle wiederum eintreten. Es fände diese Vermuthung eine Stütze in dem Umstande, daß die Verminderung hauptsächlich auf dem Sommerwasser sich äußert, daß, wie die monatlichen Mittel darthun, zum allergrößten Theil aus dem Abschmelzen des Schnees der Alpen herrührt. Dennoch scheint der Verminderung der Gewässer auch eine bleibende Ursache zum Grunde zu liegen, die durch spätere regenreiche Perioden nicht wird ausgeglichen werden können. Es ist eine sehr allgemeine Klage, daß viele Nebengewässer des Rheins, und gerade solche, die in niedrigeren Gegenden entspringen, auf eine sehr bedenkliche Weise abgenommen haben. Das scheint z. B. unzweifelhaft der Fall mit unserem *Birsig* zu seyn ¹⁾. Die Ausrodung der Wälder, welche in den letzten 30 Jahren mächtige Fortschritte gemacht hat, ist wohl die nächste Ursache der Verminderung. Der Natur der Sache nach muß dieser Umstand gerade in den Sommermonaten am wirksamsten sich äußern. Auch die Abschaffung der Brach ist vielleicht von einigem Einfluß, indem gegenwärtig durch das im allgemeineren Umfange aufgelockerte Erdreich Quellen und Flüssen mehr Wasser entzogen wird als früher.

Die Abnahme der Wassermenge ist übrigens keine für den Rhein isolirt dastehende Thatsache. Sie stellt

1) Aehnliche Beispiele führt Imthurn in seiner Beschreibung des Kantons Schaffhausen von mehreren Bächen im Kanton Schaffhausen an; v. Reck von den Gewässern des Schwarzwaldes. (Leonhard und Bronn Jahrbuch, 1839, S. 220.)

sich wenigstens seit dem Jahr 1780 auf eine zum Theil noch auffallendere Weise bei den meisten deutschen Flüssen dar. Namentlich ist sie von Berghaus nachgewiesen worden durch die Beobachtungen des Wasserstandes der *Elbe, Oder, Weser, Weichsel, Memel* u. s. f. (Allg. Länder- und Völkerkunde, 2. Th.; und Annalen der Erd- und Völkerkunde, 3. Reihe, 5. Bd. S. 92 und 543.) Am allerauffallendsten scheint sie bei vielen Flüssen des inneren Rußlands eingetreten zu seyn, in Gegenden, wo auch die Abnahme der Wälder auf ganz übermäßige Weise vorgeschritten ist. (S. obige Annalen, 1837, XVII S. 274.)

Zur Vergleichung des Wasserstandes des Rheins in älteren Perioden mit dem jetzigen fehlen uns genauere Beobachtungen; höchstens können einzelne Angaben von übermäßigen Rheinständen einige Anhaltspunkte geben. Am oberen Rheinthor in Klein Basel sind verschiedene hohe Rheinstände angemerkt. Der älteste ist derjenige von 1641, der demjenigen vom 31. Dec. 1801 gleich kommt; alle übrigen sind tiefer. Die Chroniken sprechen von dem Rheinstande am 4. Aug. 1302, als des höchsten, »dessen in diesen Landen die Historien gedenken.« (J. Chr. Iselii, *adnotata ad Urstisii Chron. Bas. Mnscrip.* der öffentl. Bibl.) »Zu Basel soll das Wasser an niedrigen Orten so tief in denen Ställen gewesen seyn, dafs es den Pferden bis an den Rücken gegangen.« In den Ställen der Wirthshäuser zur Krone und zum Kopf, die im Jahr 1302 wahrscheinlich die gleiche Lage gehabt haben wie jetzt, wäre dasselbe wohl auch im Jahr 1801 eingetreten. Die höchsten Wasserstände von 1302, 1641 und 1801 scheinen folglich ziemlich dasselbe Niveau erreicht zu haben.

XV. *Bestätigungen der Moser'schen Entdeckungen.*

Hr. Breguet, des berühmten Uhrmachers Sohn, der seine ungewöhnliche Geschicklichkeit erst kürzlich durch einen für Hrn. Arago verfertigten Apparat, welcher einen Spiegel 2000 Mal in der Secunde umdreht, bekundet hat, theilt der Pariser Academie Folgendes mit.

Wie bekannt, schließt das Gehäuse der neueren Uhren noch eine Kapsel (*cuvette*) ein, auf welche der Name des Fabrikanten gestochen ist. Der Zwischenraum zwischen dieser Kapsel und dem Gehäuse beträgt höchstens ein Zehntel-Millimeter. Nun habe ich oft auf der Innenseite des Gehäuses das umgekehrte und sehr deutliche Bild des in die Kapsel eingegrabenen Namens erblickt. Eben so habe ich in Maschinen, wo Theile einander sehr nahe stehen, beobachtet, daß die einen mehr oder weniger kenntliche Abbildungen von Zeichen der anderen darboten. Ich hatte diese Thatsachen sehr sonderbar gefunden, und sie auch einigen Personen mitgetheilt; da ich aber nicht Zeit hatte, sie im Detail zu studiren, so enthielt ich mich bisher derselben zu erwähnen. (*Compt. rend. XV. p. 450.*)

Eine analoge Thatsache ist hier vor längerer Zeit vom Mechanikus Hrn. Oertling beim Schleifen von Parallelgläsern beobachtet worden. Die obere Messingplatte, gegen welche die Gläser unmittelbar anlagen und durch seitwärts angegossenen Kitt festgehalten wurden, waren, aus gewisser Absicht, mit ringförmigen Furchen versehen. Einige der so behandelten Gläser lassen schon ohne weiteres Bilder von diesen Furchen erkennen; aber bei den meisten von ihnen entdeckt das Auge an der Politur auch nicht den geringsten Fleck; so wie man sie indess behaucht, treten jene Bilder mit großer Deutlichkeit hervor, und zwar so, daß die vom Messing berührt gewesenen Theile dunkler erscheinen. Abwaschen mit Alkohol oder Terpenthinöl nimmt den Gläsern diese Eigenschaft nicht; es bedarf dazu nothwendig eines abermaligen Abschleifens.